

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI POMPA AIR TENAGA SURYA  
UNTUK KEBUTUHAN RUMAH DI RT 01 KELURAHAN  
METRO KECAMATAN RETEH**

**(Studi Kasus : Indragiri Hilir, Pulau Kijang)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh:

**IKHWAN SYAHBANI**

**11445105212**

**PRODI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU**

**2021**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSETUJUAN

### ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI POMPA AIR TENAGA SURYA UNTUK KEBUTUHAN RUMAH DI RT 01 KELURAHAN METRO KECAMATAN RETEH

#### TUGAS AKHIR

Oleh :

**IKHWAN SYAHBANI**  
**11455105212**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro  
di Pekanbaru, pada tanggal 12 Agustus 2021

#### Ketua Program Studi

Digitally  
signed by  
Zulfatri Aini  
Tanggal:  
2021.08.1  
3 08:26:15  
WIB

**Dr. Zulfatri Aini, S.T.,M.T**  
**NIP. 19721021 200604 2 001**

#### Pembimbing

Digitally  
signed by  
Novi  
Gusnita  
Tanggal:  
2021.08.1  
2 11:02:29  
WIB

**Novi Gusnita, S.T.,M.T**  
**NIP. 19770803 201101 2 002**





**Hak Cipta Uinraung-Unaung**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI POMPA AIR TENAGA SURYA  
UNTUK KEBUTUHAN RUMAH DI RT 01 KELURAHAN  
METRO KECAMATAN RETEH**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**IKHWAN SYAHBANI**  
**11455105212**

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 12 Agustus 2021

Pekanbaru, 12 Agustus 2021

Mengesahkan,

**Ketua Program Studi**

Digitally  
signed by  
Zulfatri Aini  
Tanggal:  
2021.08.1  
3 08:20:25  
WIB

**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T**  
**NIP. 19721021 200604 2 001**



**DEWAN PENGUJI:**

**Ketua : Rika Susanti, S.T., M, Eng**  
**Sekretaris : Novi Gusnita, S.T., Mt**  
**Anggota I : Dr. Liliana, ST., M. Eng.**  
**Anggota II : Nanda Putri Miefithawati, B.Sc., M.Sc**

Digitally signed by  
Novi Gusnita  
Tanggal:  
2021.08.12  
10:02:26  
WIB

Digitally signed by  
Nanda Putri Miefithawati  
Date: 2021.08.12  
14:25:56 +0700

## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa didalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 13 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,

**IKHWAN SYAHBANI**  
**NIM.11455105212**

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuahakan hasil berupa karya tulis yang menghantarkanku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran:

*“Maka apakah mereka tidak memperhatikan Al-Quran? Kalau kiranya al-Quran itu bukan dari sisi Allah, tentunya mereka mendapat pertentangan yang banyak di dalamnya”*

*(QS. Annisa’: 82 )*

Semoga Engkau senantiasa meneguhkan imanku, meluruskan niatku, menundukan kapalaku dan meluruskan ucapanku, yang berasal dari Rasulullah utusan-Mu yang bersumber dari firman-Mu dan hanya kepada Engkau Maha Penguasa Semesta kami kembali.

*“dan tiadalah yang diucapkannya itu (Al-Quran) menurut hawa nafsunya”*

*(QS. An-Nuur : 56)*

Nabi Muhammad SAW, teladan dari segala keteladan. Izinkan hamba-Mu untuk menjadi pengikut setia, yang senantiasa menyerukan nama-Mu dan ayat-Mu, yang senantiasa meneladani perilaku utusan-Mu, sehingga hamba-Mu bisa menyampaikan kebenaran agama yang dibawa utusan-Mu

*“Katakanlah yang benar walaupun pahit rasanya”*

*(HR. Bukhari dan Muslim)*

Alhamdulillah wa syukurulillah saya sembahkan kepadaMu ya Allah. Tuhan yang Maha Pengasih, Maha Penyayang, Maha Merajai, Maha Suci, Maha yang memberi keselamatan, Maha memberi Keamanan, Maha Pengatur, Maha Gagah , Maha memiliki Kebesaran dan memiliki nama nama yang baik itu. Atas takdir-Mu ya Allah, saya bisa menjadi pribadi yang berpikir, berilmu, beriman dan bersabar. Atas Ridho dan pertolongan Mu ya Allah, saya dapat menyelesaikan tugas akhir saya ini walau banyak rintangan-rintangan yang harus saya jalani. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk meraih masa depan yang saya cita-citakan. Dan Segala syukur kepada-Mu ya Rabb, karena sudah menghadirkan orang-orang berarti disekelilingku, yang selalu memberikan semangat dan doa, sehingga tugas akhir saya ini dapat diselesaikan dengan baik.

Teruntuk kedua orangtua saya tercinta, saya persembahkan Tugas akhir saya ini untuk kalian. Terima kasih telah mengisi dunia saya dengan begitu banyak kebahagiaan,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dan selalu mendoakan dan mendukung semua pilihan saya. Kalian telah melalui banyak perjuangan dan rasa sakit. Tapi saya berjanji tidak akan membiarkan semua perjuangan kalian sia-sia. Saya berjanji akan melakukan yang terbaik untuk setiap kepercayaan yang kalian berikan. Saya akan tumbuh menjadi seseorang yang terbaik yang saya bisa.

Teruntuk adik saya tercinta wiwin andrika ucapkan banyak terima kasih atas semua kepeduliannya. Terima sudah mau selalu mengingatkan tentang tugas ini yang harus segera diselesaikan. Sudah selalu bertanya sudah sampai mana tugas akhir kakak ini. Sudah mau selalu mendoakan kelancaran tugas akhir kakak ini. Walaupun kita berpisah jarak tapi kakak yakin kita akan selalu dekat.

Teruntuk Ibu Novi Gusnita, S.T.,MT selaku dosen pembimbing saya ucapkan terima kasih juga yang tak terhingga. Ibu sudah menjadi orang tua kedua saya dikampus yang selalu berlaku baik dan bijaksana, yang selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga kehidupan Ibu dimudahkan dan diberkahi selalu oleh Allah SWT.

Teruntuk seluruh teman-teman saya di Fakultas Sains dan Teknologi angkatan 2014 beserta seluruh keluarga Teknik Elektro Uin Suska Riau terutama teman-teman saya di grup “Serigala Terakhir”. Terimakasih untuk semua memori yang saya miliki atas tawa yang setiap hari kita miliki, atas solidaritas yang luar biasa, dan tentang perjuangan kita mencari gelar S.T. Sehingga masa kuliah saya menjadi lebih berwarna dan berarti. .

Teruntuk semua pihak yang saya sebutkan maupun yang terlewat saya sebutkan saya mengucapkan terimakasih dan maaf mungkin selama ini ada kata dan sikap saya yang kurang berkenan mohon dimaafkan. Semoga Allah senantiasa membalas setiap kebaikan kalian. Serta dimudahkan segala urusan selalu oleh Allah SWT. Saya menyadari bahwa hasil karya tugas akhir saya ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi saya harap isinya tetap memberi manfaat sebagai ilmu dan pengetahuan bagi para pembacanya..

UIN SUSKA RIAU



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI POMPA AIR TENAGA SURYA UNTUK KEBUTUHAN RUMAH DI RT 01 KELURAHAN METRO KECAMATAN RETEH

(Studi Kasus : Indragiri Hilir, Pulau Kijang)

**IKHWAN SYAHBANI**  
**NIM: 11455105212**

Tanggal Sidang:

Prodi Teknik Elektro  
Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. Soebrantas No. 115 Pekanbaru

## ABSTRAK

Air adalah salah satu kebutuhan masyarakat setempat di RT 1. Kebutuhan air biasa digunakan untuk mencuci, mandi dan lain sebagainya. Air yang dari sebuah sumur bor yang ditarik naik menggunakan sebuah pompa air. Yang menjadi sebuah masalah pada saat ini ialah kurang nya arus listrik yang mengalir di daerah tersebut sehingga penggunaan pompa tidak dapat bekerja secara maksimal. Maka dari masalah tersebut menghasilkan ide untuk “Analisis teknik Dan Ekonomi Pompa Air Tenaga Surya Untuk kebutuhan rumah RT 01 Kelurahan Metro, Kecamatan Reteh. dimana teknologi ini bisa menghasilkan energi listrik cahaya matahari melalui penyerapan *photo voltaic modul*,. Dengan adanya pompa air tenaga surya ini dapat mempermudah dan lebih efisien dalam penggunaannya. Adapun penggunaan panel surya dalam 1 hari yaitu 5 jam penggunaan panel yang berkapasitas 300 wp. Dengan menghasilkan sebuah desai PATS yang efektif dalam memenuhi kebutuhan air di RT 1 tersebut dan dapat menganalisa sebuah aspek teknik beserta menghasilkan sebuah ekonomi dalam sebuah rancangan. Dalam penelitian ini data yang diambil hanyalah data penduduk dan kebutuhan air pada di RT 1

**Kata kunci** : kebutuhan air , life cycle cost, desai PATS



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI POMPA AIR TENAGA SURYA UNTUK KEBUTUHAN RUMAH DI RT 01 KELURAHAN METRO KECAMATAN RETEH

**IKHWAN SYAHBANI**  
**NIM: 11455105212**

Tanggal Sidang:

Prodi Teknik Elektro  
Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. Soebrantas No. 115 Pekanbaru

## ABSTRACT

Water is one of the needs of the local community in RT 1. Water needs are usually used for washing, bathing and so on. Water from a drilled well is pulled up using a water pump. The problem at this time is the lack of electric current flowing in the area so that the use of the pump cannot work optimally. So from this problem the idea for "Technical and Economic Analysis of Solar Water Pumps for the house needs of RT 01 Metro Urban Village, Reteh District. where this technology can produce electrical energy from sunlight through the absorption of *photo voltaic modules*. With this solar water pump, it can be easier and more efficient in its use. The use of solar panels in 1 day is 5 hours of using panels with a capacity of 300 wp. By producing a PATS design that is effective in meeting the water needs of RT 1 and being able to analyze a technical aspect and calculate an economy in a design. In this study, the only data taken were population data and water needs in RT 1

**Keywords** : water demand, life cycle cost, PATS design

UIN SUSKA RIAU

## KATA PENGHANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Salawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan alam, pembawa cahaya bagi kehidupan manusia yakni nabi Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin umat yang patut diteladani bagi seluruh umat yang ada di dunia hingga akhir zaman.

Penulisan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Atas berkat rahmat dan ridho Allah SWT penulis dapat Menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Teknik Dan Ekonomi Pompa Air Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Rumah Di Rt 01kelurahan Metro Kecamatan Reteh”. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada program Sarjana S1 di UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir. Pada proses pembuatan Tugas Akhir banyak penulis dapatkan masukan yang membantu penulis dalam menyelesaikannya, maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, baik itu berupa bantuan moral, materi, atau berupa pikiran yang tidak akan pernah terlupakan. Antara lain kepada:

1. Ibunda tercinta jusmani, ayahanda terhormat muhammad yusuf, yang telah memberikan semangat, dukungan moril, maupun materil dan doa kepada penulis.
2. Saudara kandung saya wiwin andrika selaku adik yang telah memberi saya semangat selama ini
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya
4. Ibu Ewi Ismaredah, S. Kom., M.Kom selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau yang telah membuat proses administrasi pada Jurusan Teknik Elektro menjadi lebih baik dan efektif.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Novi Gusnita, S.T.,M.T.. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan banyak waktu serta pemikirannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Pada penyelesaiannya, melalui beliau penulis mendapatkan pengetahuan yang sangat berharga, dengan keikhlasan dan kesabaran dalam memberikan penjelasan dari nol hingga penulis menjadi paham sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik
  6. Rika Susanti, S.T.,M,Eng selaku ketua sidang untuk tugas akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
  7. Dr Liliana S.T.,M.Eng. selaku dosen penguji 1 Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
  8. Nanda Putri Miefthawati, B. Sc, M. Sc selaku dosen penguji 2 Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
  9. Dr.harris Simaremare, ST, MT selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi bimbingan dan motivasi sejak awal masuk Universitas hingga saya bisa lulus dari Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. 8. Teman seperjuangan yang sudah dan yang akan segera mendapatkan gelar S.T Teknik Elektro Angkatan 14 khususnya konsentrasi Energi.
  10. Serta seluruh pihak yang telah membantu penulisan dalam melaksanakan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini
- Atas jasa-jasa yang telah diberikan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini mampu diselesaikan sesuai prosedur yang berlaku di Jurusan Teknik Elektro. Tanpa bantuan dan dorongan yang diberikan, penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini, oleh sebab itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah meluangkan waktunya, hanya Allah SWT yang mampu membalas niat baik dan keikhlasan dengan sempurna. Semoga dengan keikhlasan mendapat balasan dari Allah SWT.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>COVER</b>	
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>KATA PENGHANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xx</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xxi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-4
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-4
1.4 Batasan Masalah .....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>II-1</b>
2.1 Penelitian Terkait.....	<b>II-1</b>
2.2 Instalasi PATS di indonesia .....	<b>II-3</b>
2.2.1 pompa air tenaga surya .....	II-3
2.2.2 aplikasi PATS .....	II-5
2.2.3 sistem konfigurasi PATS .....	II-6
2.2.4 sistem layout PATS .....	II-7
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	<b>II-8</b>



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3.1 Panel Surya .....	II-9
2.3.2 Karakteristik Sel Surya .....	II-10
2.3.3 Sistem PLTS <i>off-grid</i> .....	II-12
2.3.4 Sistem PLTS <i>on-grid</i> .....	II-13
2.3.4.1 Sistem Dengan Penyimpanan .....	II-13
2.3.4.2 Sistem Tanpa Batrai .....	II-14
2.3.5 Komponen Pada PLTS <i>on-grid</i> .....	II-14
2.3.5.1 Modul Surya .....	II-14
2.3.5.2 Jenis Jenis Modul Surya .....	II-19
2.3.5.3 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya .....	II-21
2.3.5.4 Pengaruh Sudut Matahari Rata-Rata Perbulan .....	II-22
2.3.5.5 Pengaruh Sudut Matahari Permusim .....	II-23
2.3.5.6 Pengaruh Sudut Matahari Pertahun .....	II-24
2.3.5.7 Pengaruh Sudut Azimuth Terhadap Radiasi Matahari .....	II-24
<b>2.4 Inverter .....</b>	<b>II-25</b>
2.4.1 Menentukan Ukuran Inverter .....	II-27
2.4.2 Menentukan Aray Dengan Tegangan Inverter .....	II-29
2.4.3 Macam-Macam Inverter .....	II-31
2.4.3.1 Berdasarkan Tipe Gelombang .....	II-31
2.4.3.2 Berdasarkan Konfigurasi .....	II-32
<b>2.5 Spesifikasi Sel Surya .....</b>	<b>II-33</b>
2.5.1 Dasar Sel Surya .....	II-33
2.5.2 Perkembangan Sel Surya .....	II-34
2.5.3 Energi Listrik .....	II-34
2.5.4 Faktor Pengoperasian Sel Surya .....	II-35
<b>2.6 Kabel .....</b>	<b>II-36</b>
<b>2.7 Pompa Air .....</b>	<b>II-37</b>
2.7.1 Pemodelan System Air Tenaga Surya .....	II-38
2.7.1.1 Perancangan Dan Simulasi Sistem .....	II-38
2.7.1.2 Rancangan Dan Komponen Tenaga Surya .....	II-39
2.7.2 Definisi Pompa .....	II-40
2.7.3 Prinsip Kerja Pompa .....	II-40
2.7.4 Pemakaian Pompa .....	II-44

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7.5 Pompa Sentrifugal .....	II-45
2.7.5.1 Komponen Utama Pompa .....	II-46
2.7.6 Sifat Aliran Fluida Pada Pipa .....	II-48
2.7.6.1 Aliran Laminar .....	II-48
2.7.6.2 Aliran Turbulen .....	II-49
2.7.6.3 Head Instalasi .....	II-45
2.7.6.4 Kavitasi .....	II-50
2.7.6.5 Kapasitas Aliran Air .....	II-50
<b>2.8 Perancangan Sistem PLTS <i>grid-connected</i> .....</b>	<b>II-50</b>
2.8.1 menentukan penggunaan standar .....	II-50
2.8.2 Penilaian Lokasi PLTS .....	II-51
2.8.3 Penilaian Radiasi Matahari .....	II-51
2.8.4 Analisa <i>Shading</i> .....	II-51
2.8.5 Pemilihan Modul Surya .....	II-52
2.8.6 Sistem Pemasangan .....	II-52
2.8.7 Pemilihan Inverter .....	II-52
<b>2.9 Hasil Produksi Energi Sistem PLTS .....</b>	<b>II-52</b>
2.9.1 Menentukan Output Dari PLTS .....	II-52
2.9.2 Rasio Kerja .....	II-53
2.9.3 Faktor Kapasitas .....	II-53
2.9.4 Feed In Tariff .....	II-53
<b>2.10 Analisa Ekonomi .....</b>	<b>II-54</b>
2.10.1 <i>Life Cycle Cost</i> .....	II-54
2.10.1.1 Biaya Awal Inverter .....	II-54
2.10.1.2 Biaya Operasional .....	II-55
2.10.2 <i>Cash Flow</i> .....	II-55
2.10.3 <i>Net Present Value</i> .....	II-55
2.10.4 <i>Payback Periode</i> .....	II-56

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian .....	III-1
3.2 Lokasi Penelitian .....	III-1
3.3 Tahapan Penelitian .....	III-1



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.4 Studi Perndahuluan .....	III-4
3.5 Identifikasi Masalah.....	III-4
3.6 Rumusan Masalah .....	III-4
3.7 Tujuan Penelitian .....	III-4
3.8 Pengumpulan Data .....	III-5
3.8.1 spesifikasi sel PV .....	III-5
3.8.2 intensitas radiasi matahari .....	III-5
3.9 Analisa Teknik .....	III-7
3.10 Analisa Ekonomi.....	III-8
3.10.1 Life Cycle Cost.....	III-8
3.10.2 Net Present Value .....	III-8
3.10.3 Payback Periode .....	III-8
3.11 Parameter Kelayakan .....	III-8
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Profil beban listrik ponmpa air.....	IV-1
4.1.1 Kapasitas Kebutuhan Air Berdasarkan Sumur Bor .....	IV-2
4.2 pompa yang digunakan .....	IV-3
4.2.1 spesifikasi sumur bor .....	IV-5
4.3 intensitas cahaya matahari .....	IV-6
4.4 sistem konfigurasi PATS .....	IV-8
4.5 perancangan sistem pompa .....	IV-9
4.5.1 kapasitas pompa.....	IV-9
4.5.2 pemilihan pompa .....	IV-10
4.5.3 toren .....	IV-11
4.5.4 pelampung radar otomatis.....	IV-12
4.6 Rancangan sistem PALS .....	IV-12
4.6.1 informasi umum perancangan.....	IV-12
4.6.2 ukuran dan spesifikasi modul surya.....	IV-12
4.7 perhitungan biaya operasional listrik PLN.....	IV-15
4.8 kapasitas PLTS yang digunakan .....	IV-15
4.8.1 perhitungan kapasitas panel .....	IV-15
4.8.2 Menentukan ukuran baterai .....	IV-18
4.8.3 kapasitas inverter .....	IV-22

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.9 kabel .....	IV-23
4.10 ringkasan PATS .....	IV-23
4.11 analisa ekonomi.....	IV-24
4.11.1 biaya investasi awal .....	IV-25
4.11.1.1 biaya sumur bor .....	IV-25
4.11.1.2 Biaya Investasi Sistem PATS .....	IV-26
4.11.2 Biaya Perawatan .....	IV-28
4.7.2.1 Biaya Perawatan Sistem PATS.....	IV-28
4.12 <i>Life Cycle Cost Analysis</i> (LCCA) .....	IV-29
4.12.1 <i>Life Cycle Cost Analysis</i> PATS .....	IV-29

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-1



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 konfigurasi sitem pompa air tenaga surya (DC) .....	II-4
Gambar 2.2 konfigurasi sistem pompa air tenaga surya (AC) .....	II-4
Gambar 2.3 konfigurasi sistem pompa air .....	II-5
Gambar 2.4 Sistem PATS Untuk Air Pedesaan .....	II-6
Gambar 2.5 Blok Diagram Sistem PATS .....	II-6
Gambar 2.6 <i>Direct-Coupled System</i> .....	II-7
Gambar 2.7 Sebuah Potongan Sel Surya .....	II-9
Gambar 2.8 Konfigurasi Umum PLTS .....	II-12
Gambar 2.9 <i>Grid-connected PV with a battery back up</i> .....	II-14
Gambar 2.10 <i>Grid-connected PV without a battery back up</i> .....	II-14
Gambar 2.11 Diagram Hubungan Antara <i>Solar Cell</i> Panel Dan <i>Arry</i> .....	II-15
Gambar 2.12 Pengaruh <i>Shading</i> Terhadap Modul Surya .....	II-18
Gambar 2.13 <i>Monocrystalline</i> .....	II-20
Gambar 2.14 <i>Polycrystalline</i> .....	II-20
Gambar 2.15 Thin Layer .....	II-21
Gambar 2.16 <i>Central Inverter dan String Inverter</i> .....	II-27
Gambar 2.17 <i>Inverter</i> mikro .....	II-31
Gambar 2.18 <i>string inverter</i> .....	II-33
Gambar 2.19 <i>Central inverter</i> .....	II-33
Gambar 2.20 Gambaran pompa .....	II-37
Gambar 2.21 Rancang Dan Komponene .....	II-39
Gambar 2.22 klasifikasi pompa .....	II-40
Gambar 2.23 konversi energi pada pompa .....	II-41
Gambar 2.24 Transfortasi energi pada pompa .....	II-41
Gambar 2.25 Kerja pompa .....	II-41
Gambar 2.26 Instalasi <i>system</i> pompa .....	II-42
Gambar 2.27 Pompa bekerja <i>negative-suction</i> .....	II-42
Gambar 2.28 Motor dan pompa sentrifugal .....	II-45
Gambar 2.29 Rumah pompa sentrifugal dari luar .....	II-46

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 2.30 Rumah pompa sentrifugal.....	II-46
Gambar 2.31 Pompa sentrifugal .....	II-48
Gambar 3.1 Flowcart Tahapan Penelitian .....	III-2
Gambar 3.2 Alur Perancangan.....	III-3
Gambar 3.3 penampilan awal PV watt calculator .....	III-5
Gambar 3.4 peta Indragiri hilir dalam situs PV .....	III-6
Gambar 3.5 data radiasi .....	III- 7
Gambar 4.1 Gambar 4.1 PBH 135 C Pompa Booster 125 Watt Sanyo.....	IV-5
Gambar 4.2 Sumur bor RT 1 .....	IV-5
Gambar 4.3 intensitas cahaya matahari bulanan .....	IV-7
Gambar 4.4 radiasi matahari tahunan.....	IV-7
Gambar 4.5 konfigurasi pompa <i>surface</i> .....	IV-8
Gambar 4,6 pompa jet 1000 .....	IV-10
Gambar 4.7 tandon air .....	IV-11
Gambar 4.8 sudut kemiringan modul surya.....	IV-12
Gambar 4.9 diagram kelistrikan sistem PATS .....	IV-24



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Kemiringan Instalasi Penel Surya .....	II-10
Tabel 2.2 Hasil Radiasi Rata-Rata Matahari Variasi Sudut Azimuth .....	II-24
Tabel 3.1 Data Spesifikasi Sel Pv (Silicon Amorphous ) .....	Iii-5
Tabel 4.1 Beban Kelistrikan Rata-Rata Di Rt 1 .....	Iv-2
Tabel 4.2 Keburuhan Air Rata-Rata Di Rt 1 .....	Iv-3
Tabel 4.3 Spesifikasi Pompa .....	Iv-4
Tabel 4.4 Kapasitas Pipa Yang Digunakan .....	Iv-6
Tabel 4.5 Spesifikasi Pompa Yg Digunakan .....	Iv-10
Tabel 4.6 Spesifikasi Tandon Air .....	Iv-12
Tabel 4.7 Spesifikasi Modul Surya.....	Iv- 14
Tabel 4.8 Spesifikasi Baterai .....	Iv-20
Tabel 4.9 Pesifikasi Inverter .....	Iv-22
Tabel 4.10 Ringkasan Pats.....	Iv-23
Tabel 4.11 Biaya Keseluruhan Dalam 1 Sumur Bor .....	Iv-25
Tabel 4.12 Biaya Untuk Setiap Rumah .....	Iv-26
Tabel 4.13 Total Biaya Investasi Pats .....	Iv-27
Tabel 4.14 Biaya Investasi Setiap Sumur Bor .....	Iv-27
Tabel 4.15total Biaya Perawatan Tahunan Pats .....	Iv-28
Tabel 4.23 Analisa <i>Life Cycle Cost</i> Pats.....	Iv-30

UIN SUSKA RIAU

## DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
Rumus 2.1 Kebutuhan Daya .....	II-11
Rumus 2.2 Kebutuhan Jumlah Array .....	II-12
Rumus 2.3 Menghitung Jumlah String .....	II-21
Rumus 2.4 Menghitung Jumlah Paralel.....	II-21
Rumus 2.5 Maksimum Modul Dalam Jumlah Seri .....	II-23
Rumus 2.6 Menghitung Minimum Modul Dalam Seri.....	II-24
Rumus 2.7 Menentukan Maksimum String Dalam Paralel.....	II-24
Rumus 2.8 Kapasitas Maksimum Array.....	II-25
Rumus 2.9 Menentukan Tegangan Modul Pada Suhu Modul Maksimum .....	II-25
Rumus 2.10 Maksimum Tegangan Inverter .....	II-26
Rumus 2.11 Aliran Laminar Perhitungan <i>Reynold Number</i> .....	II-44
Rumus 2.12 Besarnya <i>Elevation Head</i> .....	II-45
Rumus 2.13 Menentukan <i>Output</i> Dari PLTS Ke <i>Grid-Connected</i> .....	II-48
Rumus 2.14 Menentukan Rasio Kinerja.....	II-49
Rumus 2.15 Menentukan Kapasitas Faktor .....	II-49
Rumus 2.16 Menghitung Nilai <i>Cash Flow Benefit</i> (CFB) .....	II-51
Rumus 2.17 Menghitung <i>Cash Flow Cost</i> (CFC) .....	II-51
Rumus 2.18 Menentukan <i>Net Present Value</i> (NPV).....	II-51
Rumus 2.19 Menghitung Ekonomi Dari PLTS .....	II-52

UIN SUSKA RIAU



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halman
Grafik 2.1 Karakteristik Sel Surya .....	II-11
Grafik 2.2 Karakteristik I-V Terhadap Radiasi Matahari.....	II-11
Grafik 2.3 Pengaruh Temperature Modul Pada Produksi Energi .....	II-17
Grafik 2.4 Hubungan <i>Slope</i> Terhadap Radiasi Matahari.....	II-22
Grafik 2.5 Perbandingan Radiasi Rata-Rata Yang Diterima.....	II-23
Grafik 2.6 Karakteristik penurunan voltage terhadap kenaikan temperatur.....	II-35

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR SINGKATAN

= Pembangkit Listrik Tenaga Surya
= Direct Currend : Sumber Arus Yang Searah
= Alternating Current : Araus Yang Berubah- Ubah Atau Bolak Balik
= Kilowatt-Hour
= Photovoltaic
= Maximum Power Voltage
= Volt Peak To Peak
= Watt Peak
= Standart Tes Condition
= Peak Sun Hour
= Arus Pada Titik Kerja Maksimum
= Tegangan Pada Titik Kerja Maksimum
= Fill Factor
= Open Circuit Voltage
= Short Circuit Current
= Pulse Width Modulation
= Maxsimum Power Point Tracking
= pompa air tenaga surya



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari energi sering diartikan sebagai tenaga. Dengan kata lain energi diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha atau kemampuan untuk melakukan suatu kerja. Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Bahan bakar minyak/energi fosil merupakan salah satu sumber energi yang bersifat tak terbarukan (*non renewable energy sources*) yang selama ini merupakan andalan untuk memenuhi kebutuhan energi yang seluruh sektor kegiatan. Kekayaan sumber daya energi di Indonesia yaitu tenaga air, panas bumi, gas bumi, baru bara, gambut, biomassa, biogas, angin, energi laut, matahari dan lainnya dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif, menggantikan ketergantungan terhadap bahan bakar minyak memegang posisi yang sangat dominan dalam pemenuhan kebutuhan energi didalam negeri.[1]

Produksi energi listrik berbahan bakar fosil, telah menimbulkan dampak pemanasan global pada level yang sangat mengkhawatirkan, disertai kenaikan tarif dasar listrik yang sangat signifikan, persoalan ini perlu mendapat perhatian serius oleh pemerintah dan pihak swasta untuk bersinergi mencari solusinya, seperti efisiensi pemakaian energi listrik pada beban, pengurangan rugi-rugi daya (*loses*) di jaringan transmisi distribusi serta pemanfaatan energi terbarukan (*Renewable energy*) disekitar area beban, yang ramah lingkungan (*green energy*) sebagai sumber energi listrik alternatif.

Kelebihan energi terbarukan adalah sumber relatif mudah didapatkan, diperoleh secara gratis, minim limbah, tidak berdampak terhadap peningkatan suhu bumi dan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap fluktuasi harga minyak dunia, sangat sesuai didaerah-daerah terpencil terjangkau yang belum teraliri listrik PLN dan terkendala penghematan bahan bakar. Kelemahannya, tidak semua lokasi wilayah di Indonesia mempunyai potensi energi terbarukan yang sama. Sumber energi surya hanya tersedia pada siang hari ketika cuaca cerah (tidak mendung atau hujan).[2]

Adapun jenis pembangkit listrik di Riau, PLTU 220 MW, PLTMG 262 MW, PLTD 128 MW, PLTA 114 MW, PLTD 223 MW, dan PLTGU 26 MW. Jika pembangkit energi listrik di Riau masih bergantung pada energi fosil, itu bukanlah solusi untuk

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

kedepannya. Bahwasannya energi fosil itu dapat habis dan tidak dapat diperbaharui. Oleh sebab itu, rencana pengadaan energi listrik menggunakan energi terbarukan merupakan sebuah solusi untuk dikembangkan melihat potensi di daerah tersebut.[3]

Indonesia berada di daerah tropis mempunyai potensi energi surya sangat besar sekitar rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 71.02 MWp baik yang terintegrasi dan *off-grid* (Renstra Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral). Letak Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa secara teoritis akan selalu disinari matahari selama 10 – 12 jam sehari dan hampir seluruh wilayah Indonesia mendapatkan intensitas penyinaran yang relatif merata. Sehingga PLTS telah menjadi salah satu prioritas sumber energi terbarukan yang akan dikembangkan di Indonesia untuk mencapai target EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 (PP No. 79 Tahun 2014, tentang kebijakan energi nasional).[4]

Pernyataan tersebut mengartikan bahwa untuk memperoleh suatu bentuk energi, perlu adanya energi lain yang dikonversikan menjadi energi yang dibutuhkan tersebut. Salah satu contohnya untuk mendapatkan energi listrik yang tidak dapat diperoleh secara langsung, tetapi ada proses konversi energi sebelum energi listrik tersebut didapat untuk dimanfaatkan sebagai alat yang berguna bagi masyarakat seperti kinerja pompa air menggunakan intensitas tenaga surya, meskipun pada saat ini pilihan pompa air sudah tersedia dan mudah didapatkan, akan tetapi ketersediaan tenaga penggerak yang menjadi masalah, terutama untuk menggerakkan pompa air membutuhkan daya yang besar. Walaupun sudah terdapat jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN) tetapi biaya pengoperasian pompa air semakin hari semakin besar. Untuk mencegah hal tersebut diperlukan solusi, salah satunya adalah menggunakan pompa air listrik tenaga surya.[5]

Air merupakan salah satu produk alam yang paling banyak digunakan oleh manusia, seperti untuk minum, masak, sanitasi (MCK), industri, pertanian dan lain-lain. Meskipun air merupakan kebutuhan pokok manusia, namun pada beberapa daerah dengan sumber mata air terbatas dan sulit dijangkau, ketersediaan air yang memenuhi syarat menjadi masalah. Meskipun peralatan pompanisasi tersedia, namun bahan bakar minyak atau listrik sebagai tenaga penggerak pompanisasi juga menjadi permasalahan sendiri.

Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk menggerakkan pompa menjadi salah satu alternatif yang dapat mengatasi hambatan tersebut, hal ini karena Indonesia berada pada wilayah tropis, dimana cahaya matahari dapat diperoleh secara cuma-cuma sepanjang tahun. Kinerja PLTS untuk memompa air menjadi sangat maksimal



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pada musim kemarau, dimana intensitas cahaya matahari dan kebutuhan air sangat tinggi. Sedangkan pada musim hujan, masyarakat bisa mendapatkan air dengan mudah, sehingga kinerja PATS yang kurang maksimal karena kurangnya intensitas cahaya matahari tidak menjadikan masalah.

Pompa air dengan menggunakan tenaga surya hanya memerlukan energi sinar matahari untuk operasionalnya. PATS akan tetap beroperasi meskipun cuaca mendung atau hujan sekalipun. Hal ini hanya berpengaruh terhadap debit energi yang dihasilkan. Keuntungan lain dari menggunakan sistem PATS yaitu tidak memerlukan operator khusus untuk mengoperasikan pompa ini, karena sistem ini beroperasi secara otomatis, mudah dipasang dan mudah dirawat. Pompa tenaga surya tidak memerlukan pasokan solar dan juga tidak mengeluarkan gas emisi, sehingga jauh lebih bersih dan ramah lingkungan. [6].

Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan di RT 1 oleh warga setempat adanya sebuah 3 sumur bor untuk memenuhi kebutuhan air ke penduduk sebanyak 37 kk dimana warga setempat mengambil air dengan menggunakan pompa air untuk kebutuhan sehari-hari seperti mencuci, mandi dan lain sebagainya. Biasanya penggunaan pompa air berlangsung selama 1 jam dalam perharinya. Untuk memenuhi kapasitas air dalam 1 RT dengan menggunakan 3 sumur bor sebanyak 66.600 m<sup>3</sup> perhari. Pada saat ini penggunaan pompa tidak berjalan secara stabil dikarenakan seringnya pemadaman listrik, oleh karena itu perlunya solusi untuk mengatasi hal tersebut.

Potensi energi surya yang terdapat pada kelurahan metro mencapai 4,571 kwh yang terdapat dari sebuah situs pv watt calculator. Hal ini bisa dimanfaatkan untuk salah satu solusi dalam mengatasi sebuah permasalahan pada kelurahan tersebut yaitu dengan cara penggunaan pompa air bertenaga surya (PATS).

Pada saat ini permasalahan yang sering terjadi pada di RT 1 tersebut yaitu adanya kekurangan energi listrik dan seringnya pemadaman listrik maka penggunaan pada pompa air tidak dapat bekerja secara maksimal sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan air ke warga setempat oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memberi sebuah pengetahuan ke warga setempat tentang energi alternatif terbaru untuk sebuah sistem pompa air kepada penduduk desa sehingga peneliti ini akan dilakukan sebuah “**Analisis Teknik Dan Ekonomi Pompa Air Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Rumah Di Rt 01 Kelurahan Metro Kecamatan Reteh**”



Sebagai upaya untuk penghematan energi dari PLN dan memanfaatkan energi terbarukan yang tiada habisnya.

### 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisa aspek teknik dan ekonomi dalam sistem PATS untuk memenuhi kapasitas pompa air dikelurahan metro RT 1
2. Bagaimana menganalisa potensi energi listrik pada PATS dikelurahan metro
3. Apakah penggunaan sistem PATS sebagai penggerak pompa air dapat memenuhi kebutuhan air dikelurahan metro

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan desain PATS yang efektif dalam memenuhi kebutuhan air di kelurahan metro RT 1
2. Menganalisa aspek teknis dan ekonomi dalam sebuah perancangan pompa air bertenaga surya
3. Menganalisa potensi energi matahari sebagai pembangkit pada PATS

### 1.4 Batasan Masalah:

1. Data yang diambil dalam penelitian ini berupa wawancara terhadap warga di kelurahan metro RT 1
2. Analisa ekonomi yang dilakukan hanya dikelurahan metro RT 1 .
3. Desain PATS sesuai dengan kapasitas mesin yang di butuhkan oleh pompa air.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Menghasilkan sebuah desain sistem PATS yang optimal dan dapat diperoleh penghematan penggunaan listrik di kelurahan metro.
2. Sebagai referensi atau rujukan bagi kelurahan lainnya dalam menggunakan sistem PATS yang lebih efisien dari segi aspek ekonomi.
3. Memberi pengetahuan terhadap masyarakat setempat tentang energi terbarukan yang diperoleh oleh cahaya matahari.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian ini berjudul ”**Analisis Teknik Dan Ekonomi Pompa Air Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Rumah Di Rt 01 kelurahan Metro Kecamatan Reth**” dalam penelitian pembahasan tentang pompa yang digunakan pada desa yang pada awal pompa menggunakan listrik pada PLN dirancang menjadi listrik menggunakan panel surya yang lebih efisien.

Penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya (PATS) Untuk Irigasi Lahan Sawah Di Kelurahan Tangki Kota Gorontalo”[7] penelitian ini membahas tentang sumber air irigasi pada kelompok tani di kecamatan sipatana dengan menggunakan irigasi teknik , yang terjadi pada penelitian ini ialah curah hujan yang sangat rendah dan tidak menentu penyebab debit air pada saluran irigasi menjadi kecil. Terbatasnya suplai irigasi pada saat musim kemarau membutuhkan solusi terhadap berkelanjutan tanman padi dan masa tanamnya. Maka diusulkanlah pemanfaatan pompa air tenaga surya (PATS) yang bertujuan untuk mengimplementasikan teknologi pompa air ramah lingkungan, hemat, efisien dan berkelanjutan.

Penelitian yang berjudul “ Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan *Solar Cell*”[8] yang membahas tentang penggunaan *solar cell* berjenis polikristal dengan daya 50Wp. Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber *solar cell*, walaupun tegangan yang dihasilkan oleh solar cell  $\pm 17,2V$ , tetapi pendistribusiannya untuk mengisi baterai angat stabil dengan maksimum rata-rata 13,5V dikarenakan distribusi pengisian diatur oleh solar *charger controller*

Penelitian yang berjudul “ Perancangan Dan Realisasi Kebutuhan Kapasitas Baterai Untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya”[9] membahas tentang kebutuhan kapas baterai dengan pola pengisian menggunakan pembangkit listrik tenaga surya kali ini dengan menggunakan beban pompa air 125 watt, maka dari itu sebelum realisasi perlu menentukan daya per hari yang dibutuhkan, menghitung kapasitas alat yang akan digunakan dan pengujian alat. Dari hasil pengukuran dan analisis, *fotovoltaic* terbesar terjadi pada saat keadaan cuaca mendung sebesar 5,06 % dan jatuh tegangan terkecil dan pada keadaan cuaca cerah sebesar 4,32 %. Dari hasil



1. Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Di larang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pengukuran kapasitas baterai, arus yang terukur dalam 10 menit pertama adalah 16,1 ampere, dan 10 menit ke enam sebesar 13,25 ampere, dibandingkan dengan hasil perhitungan sebesar 27,5 Ah. Sisa kapasitas baterai setelah pemakaian adalah 13,25 Ah. Efisiensi rata-rata inverter adalah 46,7835 % watt menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sudah tepat.

Kemudian penelitian yang berjudul” *Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Produktifitas Hasil Pertanian*”[10] membahas tentang didaerah pertanian yang cukup luas. Kesuburan tanah yang butuhkan akan air menjadi prioritas utama. Untuk mendukung hal ini dibutuhkan sistem irigasi yang baik saat terjadi musim kemarau. Penggunaan diesel/pompa air dengan BBM untuk sistem irigasi pertanian yang sangat tidak efektif, hemat dan efisien untuk menjaga sistem irigasi pertanian berjalan dengan baik saat musim kemarau. Yang bertujuan untuk memberikan wawasan dan pengetahuan praktis akan pembuatan dan instalasi pembuatan pompa air tenaga surya (SPATS) serta membuat inovasi baru pemanfaatan energi terbarukan dalam membantu irigasi pertanian.

Penelitian yang berjudul” *Perancangan Dan Implementasi Pompa Air tenaga Surya Di Perumahan Perumahan Permata Buah betu*” [11] penelitian ini membahas tentang pompa air sebagai kebutuhan utama dalam rumah tangga, baik kebutuhan minum, masak, mencuci, mandi serta kebutuhan untuk pengairan perkebunan. Maka pompa air berguna untuk menyuplai air ketempat yang diinginkan sebagai kebutuhan sehari hari. Menggunakan pompa air sangatlah cukup efisien, permasalahan yang terjadi pada saat ini adalah sumber penggerak pompa air tersebut yaitu semakin mahal nya tagihan listrik dan besarnya penggunaan daya pada pompa air. Dari masalah diatas maka terdapat sebuah ide untuk “merancang dan imlementasi pompa air tenaga surya” Dimana sebuah teknologi dapat menghasilkan sebuah energi listrik dari cahaya matahari melalui penerapan *photovoltaic* modul, kemudian energi listrik akan disimpan kedalam batrai atau aki dan tegangan DC pada batrai yang akan diubah menjadi tegangan AC yang diproses pada *inverter*. Tegangan AC akan diteruskan ke pompa air listrik agar pompa air dapat bekerja sehingga dapat menyalurkan air ke tempat diinginkan. Dengan Adanya pompa air bertenaga surya ini didapatkan hasil pengujian panel surya, pengujian yang dilakukan rata-rata 60 menit dari jam 08.00 hingga pukul 14.00 selama 3 hari, dengan rata-rata suhu 29,52<sup>0</sup>C, tegangan 12,73V, arus beban 0,60A dan daya 95,51 watt.





## 2.2 Instalasi PATS Di Indonesia

Hasil penelitian dengan melakukan survei ke-25 responden (installer, distributor, dan pengguna langsung) menunjukkan alasan bahwa pemasangan PATS merupakan hal yang penting yang dikarenakan belum adanya aliran listrik PLN dan ketersediaan sumber mata air jauh atau susah dijangkau. Sedangkan alasan yang lain adalah terkait dengan biaya listrik, bahan bakar dan biaya maintenance PATS lebih murah dibandingkan dengan mesin diesel.[12]

Secara keseluruhan, manfaat penerapan PATS banyak dirasakan oleh responden, sebagai berikut:

- Kemudahan dalam mendapatkan air untuk kebutuhan sehari-hari
- Terpenuhinya kebutuhan air untuk ternak dan tambak.
- Terpenuhinya kebutuhan air untuk pertanian, khususnya irigasi pada saat kemarau.
- Tidak lagi membeli air, bayar listrik dan membeli bahan bakar untuk menghidupkan pompa

Manfaat dan kelebihan PATS yang lain adalah pompa air tenaga surya sangat efektif, efisien dan tahan lama sampai dengan 25 tahun. Dengan melihat kemudahan, manfaat, kelebihan dan umur pakai yang panjang, penggunaan pompa air tenaga surya menjadi alternatif yang banyak diminati untuk memenuhi kebutuhan pasokan air bersih pada daerah yang jauh dari jangkauan listrik. Meskipun biaya dan sumber daya yang dikeluarkan untuk instalasi PATS cukup besar, namun 100% responden menyatakan bahwa manfaat yang diperoleh sebanding dengan biaya yang dikeluarkan.

Pemasangan PATS bisa kembali modal termasuk subsidi pada modul PV dalam periode 6 tahun. Sedangkan pemasangan PATS di India bisa balik modal dalam periode kurang dari 4 tahun dengan penghematan besar selama 16 tahun. Pemasangan SMART PATAS (Pompa Air Tenaga Surya) oleh LEN (PT Len Industri - Persero) di Gorontalo mampu menjaga stabilitas pasokan air ke lahan pertanian di musim kering sehingga terhindar dari puso atau kekeringan, lebih ekonomis jika dibanding dengan pompa air tenaga genset

### 2.2.1 Pompa Air Tenaga Surya (PATS)

Pompa air tenaga surya merupakan pompa air yang berfungsi menyedot air yang digerakkan dengan energi dari tenaga surya. Secara fisik, fungsi maupun instalasi pompa air ini mirip dengan pompa air konvensional, perbedaan mencolok ada pada panel surya

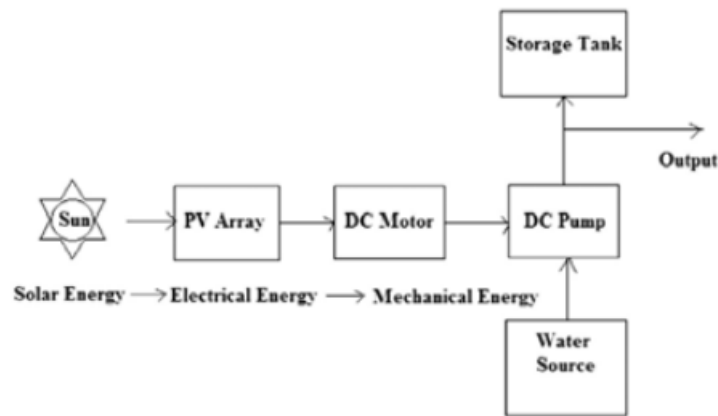
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

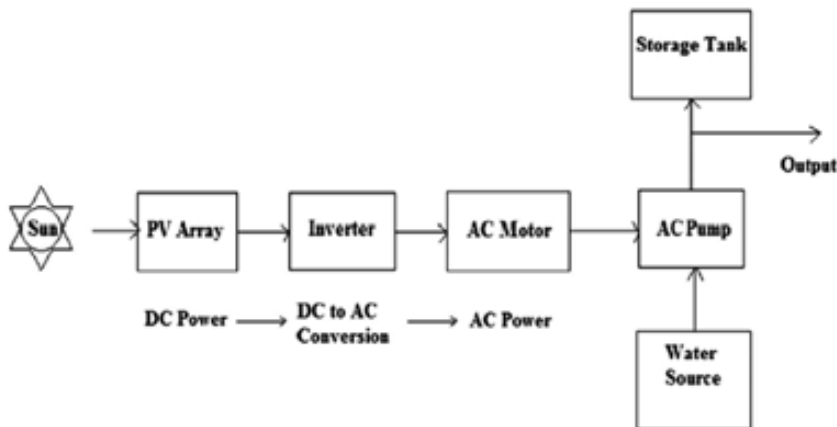
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang menggantikan sistem pompa air sebagai sumber listrik yang menggerakkan pompa. Pompa air tenaga surya didasarkan pada teknologi photovoltaic (PV) yang mengubah sinar matahari menjadi listrik untuk memompa air. Panel PV dihubungkan kontroler untuk mengubah energi listrik yang dipasok oleh panel PV menjadi energi mekanik pada motor pompa. Putaran mekanis tersebut diubah menjadi energi hidrolik oleh pompa untuk menarik air.

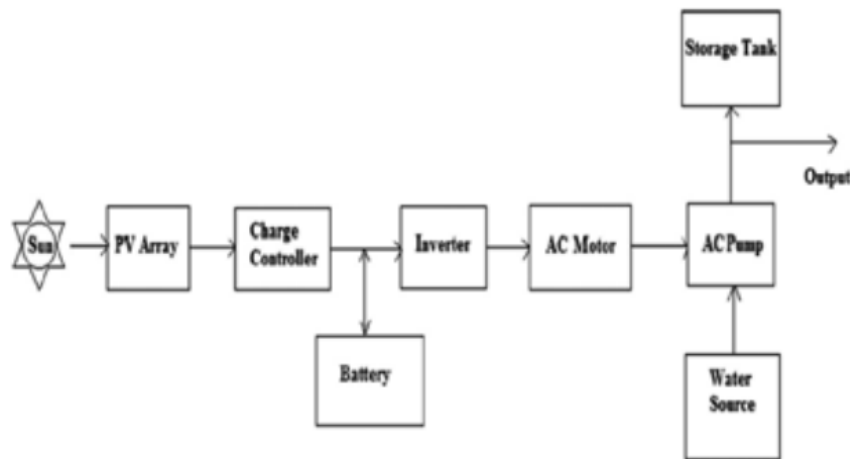
Kapasitas suatu sistem pompa air tenaga surya untuk memompa air mempunyai 3 variabel fungsi utama yaitu tekanan, aliran, dan daya ke pompa Tipe pompa air tenaga surya yang diterapkan di beberapa negara mempunyai konfigurasi yang berbeda-beda. Konfigurasi tipe pompa air tenaga surya disajikan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3, sebagai berikut:



Gambar 2.1 konfigurasi sitem pompa air tenaga surya (DC)[12]



Gambar 2.2 konfigurasi sistem pompa air tenaga surya (AC)[12]



Gambar 2.3 konfigurasi sistem pompa air tenaga surya dengan penyimpanan batrai

### 2.2.2 Aplikasi PATS

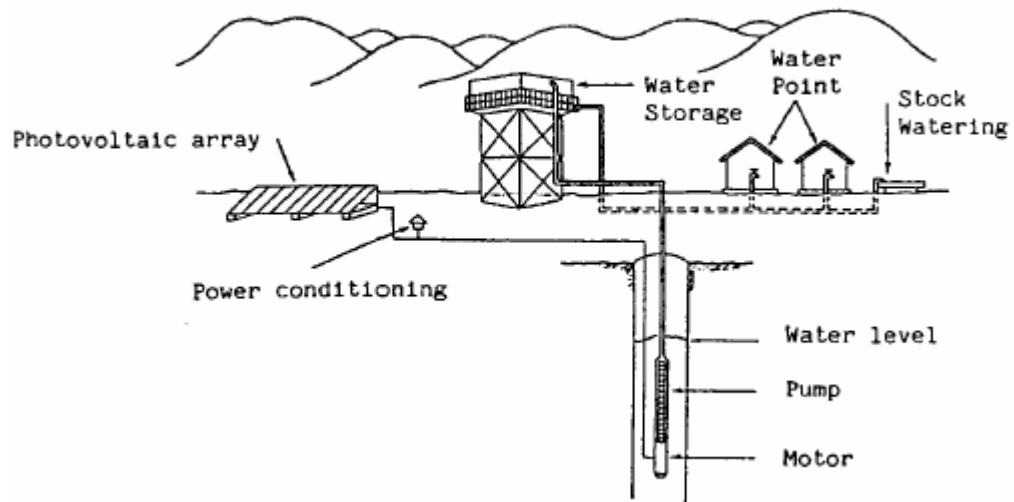
Dalam proses memindahkan air dari suatu tempat ke tempat yang akan dituju memiliki beberapa tujuan dalam penggunaannya. Tujuan utamanya adalah untuk memenuhi akan sumber air sehingga dapat digunakan. ada 3 aplikasi utama dalam penggunaan PATS, diantaranya:[13]

#### 1. Pasokan Air Desa

Karakteristik akan kebutuhan air untuk masyarakat desa yang terpencil yaitu kebutuhan yang konstan dari bulan ke bulan. Hal yang sangat penting untuk memiliki air yang selalu tersedia dalam memenuhi kebutuhan, oleh karena itu pada umumnya sistem PATS untuk air desa menggunakan tangki penyimpanan air. Konsumsi harian dari kebutuhan air adalah sekitar 40 liter per kapita. Jadi apabila kebutuhan air per orang sekitar 40 liter, maka volume air harian yang harus dihasilkan untuk desa yang memiliki 500 orang warga adalah sekitar 20 m<sup>3</sup>. Kedalaman pemompaan air untuk memenuhi kebutuhan air desa lebih unggul dibandingkan dengan sistem pada irigasi. Sebagai contoh dengan *head* pompa 20 meter, maka kebutuhan energi hidrolik harian adalah sekitar 4 MJ (1.1 kWh) dan sistem pompa yang hidup sampai 8 jam per hari dengan rata-rata kebutuhan energi sebesar 140 W



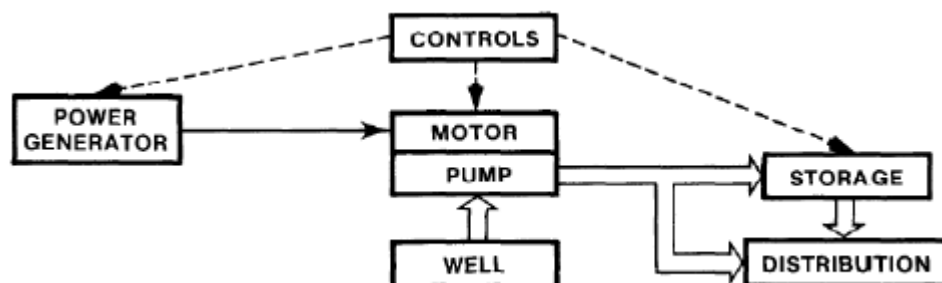
## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



Gambar 2.4 Sistem PATS Untuk Air Pedesaan[13]

### 2.2.3 Sistem Konfigurasi Pompa Air Tenaga Surya

Tanpa ada komponen yang bergerak, array panel PV mengambil energi dari sinar matahari dan menghasilkan listrik DC, yang kemudian diarahkan melalui *controller* menuju pompa / motor atau sering disebut sebagai "*direct-coupled*" sistem. Kombinasi pompa / motor yang membuat air bergerak dari sumber melalui pipa ke titik pelepasan, umumnya tangki penyimpanan. Panjang maksimum pipa ditentukan oleh kemampuan daya hisap pompa. Pilihan perakitan motor-pompa tergantung pada volume air yang dibutuhkan, efisiensi, harga, keandalan dan ketersediaan dukungan. DC motor adalah pilihan yang menarik karena kesesuaiannya dengan sumber daya dan karena efisiensi motor DC biasanya lebih tinggi dari motor AC. Juga, AC motor memerlukan DC ke AC *inverter*. Motor AC bagaimanapun, memiliki harga yang lebih rendah dan ketersediaannya tinggi



Gambar 2.5 Blok Diagram Sistem PATS[13]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

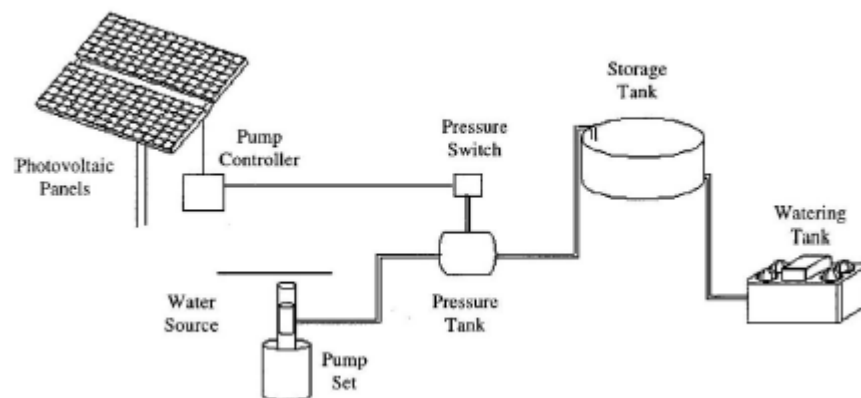
Pengontrolan kelistrikan dan pengaman pada peralatan juga termasuk bagian dari sistem dalam menyediakan sistem penghubung dan sistem proteksi listrik. Banyaknya energi matahari yang datang sangat berdampak pada energi yang dihasilkan, pengontrol dapat membuat pompa menjadi mati sampai menghasilkan daya yang tersedia mencapai titik operasi minimum. Fungsi yang sama juga digunakan untuk mengontrol daya keluaran yang menuju ke pompa untuk menghasilkan kecepatan maksimum. Pengoperasian pompa juga dapat dikontrol dengan menggunakan saklar pelampung didalam tangki penyimpanan, saklar tersebut beroperasi secara otomatis ketika air sudah mencapai level tertinggi dari tangki.

### 2.3.4 Sistem *Layout* Pompa Air Tenaga Surya

Terdapat dua tipe dasar pada konfigurasi pompa air tenaga surya yaitu *direct-coupled* dan *battery-coupled*. Untuk menghasilkan rancangan yang handal pada penelitian, beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih *layout* yang terbaik untuk mengoptimalkan kinerja dari sistem.

#### 2.2.4.1 *Direct-Coupled System*

Ini adalah kasus yang paling sederhana. Panel surya secara langsung akan terhubung dengan pompa, dimana air akan mengalir langsung ke tempat yang akan dituju yaitu tangki penyimpan air. Karena tidak ada energi yang akan disimpan, sistem ini dirancang hanya untuk memompa air selama siang hari dan banyaknya jumlah air yang akan dipompa berdasarkan besarnya cahaya matahari yang mengenai permukaan panel surya dan juga bergantung pada tipe pompa yang dipilih. Sistem *layout* dari *Direct-Coupled System* dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini.[14]



Gambar 2.6 *Direct-Coupled System* [14]

## 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Untuk dapat menggunakan air selama malam hari atau ketika cuaca mendung, penggunaan tangki penyimpanan yang besar sangat disarankan untuk dapat menyimpan air yang banyak juga. Kapasitas dari penyimpanan air merupakan hal yang paling penting dalam sistem pompa seperti ini. Tangki penyimpanan yang dapat menyimpan air selama 2 sampai 5 hari mungkin diperlukan, namun hal tersebut tergantung iklim dan konsumsi dari air yang dibutuhkan.

*Photovoltaic* (biasa di sebut juga dengan sel surya) yaitu piranti semi konduktor yang dapat merubah cahaya secara langsung menjadi arus listrik searah (DC) dengan menggunakan Kristal silikon yang tipis. Kristal silinder diperbolehkan dengan cara memanaskan dengan tekanan yang diatur sehingga merubah menjadi penghantar. Bila Kristal itu dipotong setebal 0,3 mm akan terbentuk sel-sel silikon yang tipis atau di sebut juga dengan sel surya (*fotovoltaic*). Sel-sel silikon dipasang dengan posisi sejajar atau seri dalam panel yang dibuat dari aluminium atau baja anti karat dan akan dilindungi oleh kaca atau pelastik, kemudian pada tiap-tiap sambungan sel akan diberi sambungan listrik. Besarnya sebuah arus listrik yang didapat tergantung dari jumlah energi cahaya yang mencapai silikon itu dan luas permukaan sel itu.[15]

Pada dasarnya sel surya merupakan suatu diode semi konduktor yang bekerja dalam proses itu sel surya yang menghasilkan tegangan 0.5-1 volt tergantung intensitas cahaya dan jenis zat semikonduktor yang dipakai. Sementara itu intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 watt, tapi karena daya guna konversi energi listrik radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek panel surya baru mencapai 25% maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya mencapai 250 watt.

Komponen utama sistem sel surya adalah modul yang merupakan unit kaitan beberapa sel surya *fotovoltaic*. Modul *fotovoltaic* tersusun dari beberapa sel surya sel yang terhubung secara seri dan parallel teknologi ini cukup canggih dan keuntungannya adalah harganya yang murah, bersih, mudah dirawat. Sedangkan kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan energi surya *fotovoltaic* adalah investasi yang besar dan harga per kwh listrik yang dibangkitkan relative tinggi. Karena memerlukan subsistem yang terdiri atas baterai unit pengatur dan inverter sesuai kebutuhan nya.



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

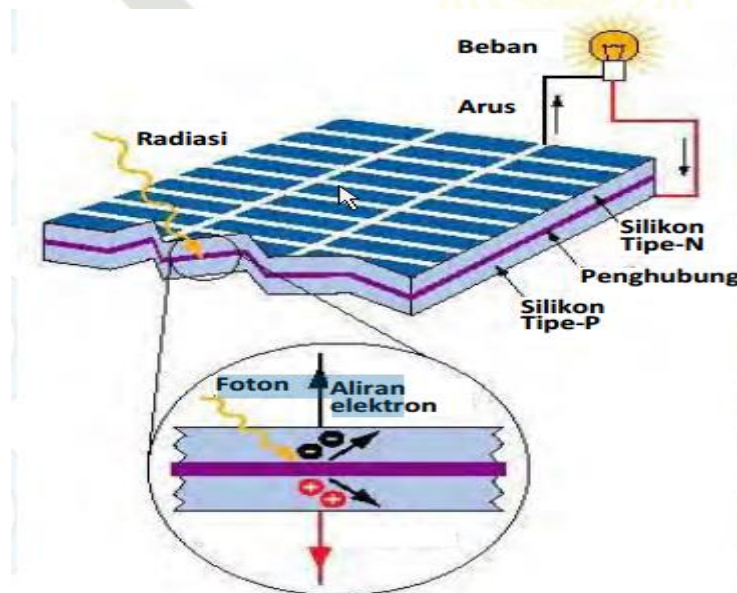
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.3.1 Panel Surya

Panel surya merupakan sebuah energi pembangkit listrik yang mampu mengkonversi penyimpanan matahari yang diubah menjadi arus listrik, panel surya juga memiliki kelebihan menjadi sumber energy yang praktis dan ramah lingkungan mengingat tidak memerlukan transmisi seperti jaringan listrik konvensional, karena dapat dipasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan.

Panel surya terdiri dari 2 lapisan semi konduktor. Satu lapisan yang mengandung muatan positif, muatan yang lain *negative*. Sinar matahari terdiri dari partikel kecil dari energy matahari yang disebut foton, saat panel surya terkena sinar matahari banyak dari partikel foton menembus atau di serap dari panel; surya. Ketika foton yanf diserap dari oleh lapisan negative dari panel surya sudah mengcukupi, electron di bebaskan dari bahan semi konduktor *negative*. Electron dibebaskan secara alami akan bermigrasi kelapisan positif menciptakan suatu tegangan yang berbeda, ketika lapisan terhubung ke beban eksternal, electron mengalir melalui sirkuit menciptakan listrik. [16]



Gambar 2.7 sebuah potongan sel surya (PV) [17]

Factor yang banyak mempengaruhi nilai arus dn tegangan yang dihasilkan oleh panel surya adalah ketinggian tempat dari permukaan laut, suhu udara, kabut(berawan

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tebal), kadar polusi udara dan intensitas matahari. Posisi kemiringan juga mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh panel surya. [17]

Tabel 2.1 Kemiringan Instalasi Panel Surya

Garis Lintang	Sudut Kemiringan
0-15°	15°
15-25°	25°
25-30°	30°
30-35°	40°
35-40°	45°
45-90°	65°

Faktor-faktor yang mempengaruhi *solar cell* panel: [17]

#### 1. Resistansi beban

Efisiensi paling tinggi adalah saat panel surya beroperasi dekat pada maksimum power point. Pada kondisi di atas tegangan baterai harus dekat dengan  $V_{mp}$ , apabila tegangan baterai menurun di bawah  $V_{mp}$  atau meningkat di atas  $V_{mp}$  maka efisiensi berkurang

#### 2. Intensitas cahaya matahari

Semakin besar intensitas cahaya matahari secara proporsional akan menghasilkan arus besar. Voltase adalah tidak berubah bermacam-macam intensitas cahaya matahari.

#### 3. Suhu *solar cell* panel

Bagaimana suhu *solar cell* panel meningkat di atas standar suhu nominal 25° celcius, efisiensi *solar cell* modul efisiensi dan tegangan akan berkurang

#### 4. Shading/teduh/bayangan

Shading adalah dimana salah satu atau lebih sel silikon dari *solar cell* panel tertutup dari sinar matahari. Shading akan mengurangi mengurangi daya dari solar panel. Beberapa jenis panel surya modul sangat berpengaruh oleh *shading* dibandingkan yang lain.

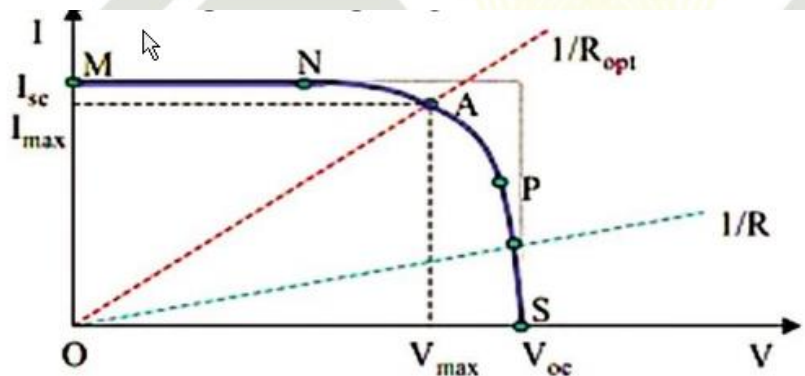
### 2.3.2 Karakteristik Panel Surya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada Daya (P) Yang Akan Dihasilkan Dari Panel Surya Dan Juga Dari Sebuah Tegangan Dan Arus Untuk Sebuah Karakteristik Operasi Tertentu. Pada Setiap Tegangan Yang Dihasilkan Dari Sepanjang Garis Kurva, Hanya Ada Arus Sesuai. Berarti Bahwa Daya Dihasilkan Oleh Modul Surya Mekan Juga Akan Bervariasi, Itu Tergantung Pada Pada Sebuah Tegangan. Dari Day Ayng Dihasilkan Oleh Panel Surya Akan Mencapai Nilai Maksimum Ketika Nilai Resistansi Beban Sama Besar Dengan Resistansi Perlawanan. Ini Disebut Dengan PMM Atau Bisa Juga Disebut Pmax. Arus Dan Tegangan Disini Disebut Dengan Vmp Dan Imp Pada Masing Masing.

Karakteristik Sel Surya Merupakan Kurva Hubungan Arus Dan Tegangan Yang Mempengaruhi Dari Radiasi Matahari Dan Suhu. Untuk Mendapatkan Daya Maksimal (Wp) Pada Sel Surya Pengujian Dilakukan Dengan Radiasi Matahari Pada Kondisi 1000W/M2 Dan Suhu Pada Kondisi 25°C Sesuai Standart Tes Condition (STC). Untuk Karakteristik I-V Sel Surya Dapat Di Presenstasikan Pada Gambar 2.2 Dan Untuk Terhadap Radiasi Matahari Dilihat Pada Gambar 2.3 Dan Karekteristik I-V. [18]

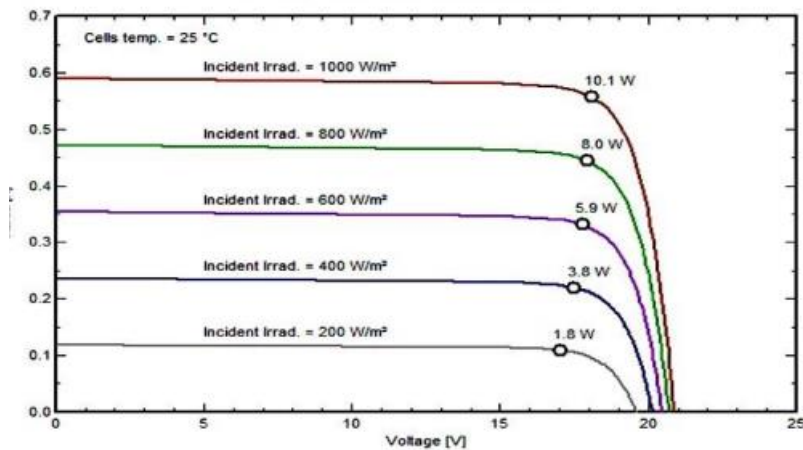


Grifik 2.1 karakteristik sel surya [18]



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Grafik 2.1 karakteristik I-V terhadap radiasi matahari [18]

PLTS dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam sistem catu daya yang diantaranya:

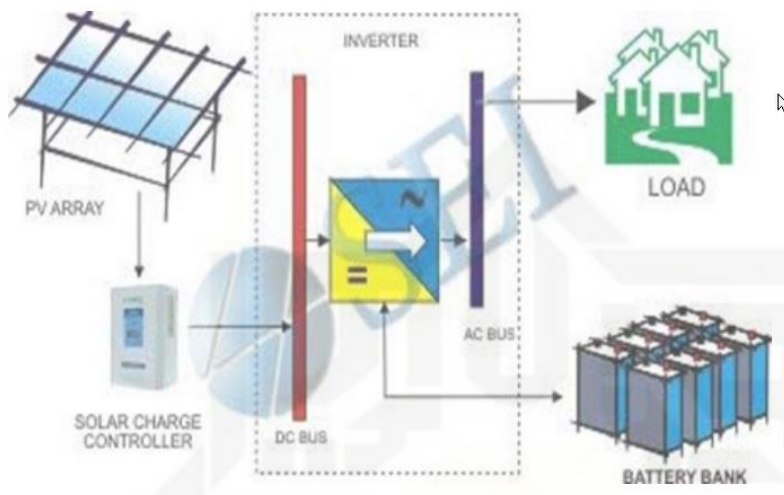
1. Sistem listrik penerangan rumah seperti: sistem sentralisasi, sistem semi sentralisasi, sistem desentralisasi dan sistem *hybrid*
2. Sistem pompa air seperti: pompa air minum, pompa irigasi.
3. Sistem kesehatan seperti: penyimpanan faksim komunikasi di puskesmas, penerangan puskesmas terpencil.
4. Sistem komunikasi seperti: televisi, komunikasi stasiun kereta api, radio repeater
5. Sistem pemandu transportasi seperti: radio sinyal bandara, penunjuk jalan, persimpangan jalan kereta api, penerangan terowongan.
6. Lain lain nya seperti: lampu penerangan jalan, sistem pencahayaan gempa, lampu taman, air mancur dan mobil surya.

### 2.3.3 Sistem PLTS Off-Grid

Sistem pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit yang mengandalkan energi matahari sebagai salah satu-satunya yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan listrik sesuai dengan kebutuhan [19]

Salah satu sistem PLTS off-grid yang dapat dilihat seperti bagan diagram pada gambar dibawah ini:

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



Gambar 2.8 konfigurasi umum PLTS *off-grid*. [16]

Adapun prinsip kerja pada PLTS *off-grid* ialah pada sumber energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan akan disimpan pada sebuah baterai. Proses pengisian energi listrik pada panel surya ke baterai diatur akan diatur oleh *solar charger control* agar pada pengisian tidak terjadi *over charger*. Intensitas maksimum matahari mencapai hingga  $1000 \text{ w/m}^2$  dengan efisiensi panel surya 14% maka daya yang dihasilkan oleh panel surya ialah  $140 \text{ w/m}^2$ . Selanjutnya energi akan disimpan ke sebuah baterai yang akan digunakan untuk mensuplai beban pada inverter, inverter akan mengubah arus dari arus DC menjadi arus AC pada sebuah beban.

#### 2.3.4 Sistem Plts On-Grid

Sistem *on-grid* merupakan solusi energi untuk daerah perkotaan baik untuk perkantoran maupun perumahan. Sistem PLTS ini menggunakan panel surya untuk menghasilkan sebuah energi listrik yang sangat efisien dan juga ramah lingkungan. Adanya pembangkit PLTS ini akan dapat menghemat tagihan listrik pada perkantoran atau juga bagian perumahan dan akan memberikan nilai tambahan pada pemiliknya.

*Grid connection* PV sistem ini akan tetap terhubung dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi PV yang akan menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin.

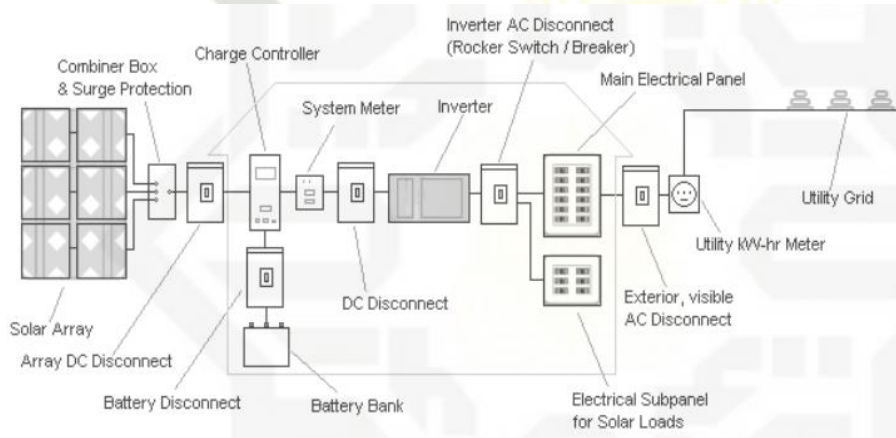
Penggunaan pada siang hari posisi panel surya biasanya akan terpasang pada bagian atap. Pada panel surya yang akan mengubah energi matahari menjadi energi listrik

searah (DC) selanjutnya sebuah komponen yang disebut inverter akan mengubah arus yang awalnya arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC) yang akan digunakan untuk pengsuplai bagian peralatan yang memerlukan energi listrik seperti lampu, tv, pompa air dan alat elektronik lainnya. Jadi pada waktu siang hari energi listrik sebagai peralatan yang akan disuplai oleh panel surya. Apabila energi pada PV terdapat kelebihan maka dapat dijual ke PLN tergantung kebijakan.[20]

Ketika malam hari atau ketika kondisi cuaca memburuk maka peralatan akan dibantu oleh jaringan PLN. Hal ini dimungkinkan karena pada sistem ini tetap terhubung oleh jaringan PLN.

### 2.3.4.1 Sistem Dengan Penyimpanan ( *Grid-Connected PV With A Battery Back Up* )

Sebuah sistem PLTS *grid-connected* ini bisa menggunakan sebuah baterai sebagai cadangan untuk malam hari. Sistem ini juga disebut sebagai *grid connected PV system with battery backup* sistem ini berfungsi sebagai pendukung energi listrik agar dapat kestabilan pada sebuah peralatan elektronik. Jika pada suatu saat terjadi kegagalan pada suplai listrik PLN maka peralatan elektronik dapat beroperasi secara normal. [21]



Gambar 2.9 *Grid-connected PV with a battery back up* [21]

### 2.3.4.2 Sistem Tanpa Baterai ( *Grid-Connected PV Without A Battery Back Up* )

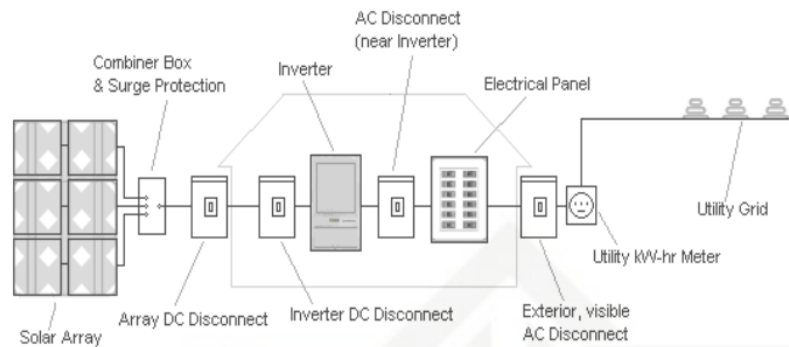
Pada sistem PLTS ini tidak menggunakan sebuah baterai sebagai sebuah *backupnya* berdasarkan pengaplikasiannya sistem ini menjadi 2 yaitu *grid-connected PV* dan *grid-connected centralized PV*.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

24

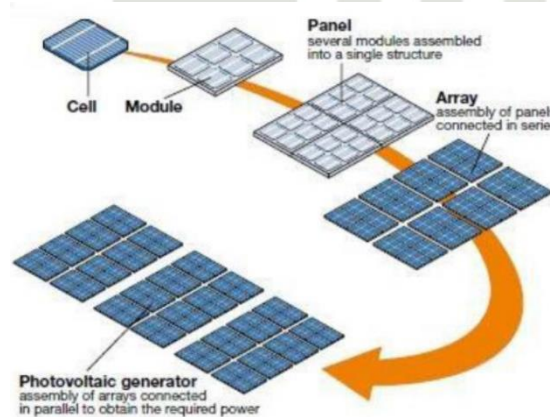


Gambar 2.10 *grid-connected PV without A battery back up*. [22]

### 2.3.5 Komponen-komponen PLTS On-grid

#### 2.3.5.1 Modul Surya

Panel surya merupakan pembangkit tenaga surya yang disusun dari beberapa sel surya yang disusun sedemikian rupa dalam rangkaian seri maupun paralel dengan maksud dapat menghasilkan daya listrik dan disusun dalam 1 bingkai beserta diberikan lapisan pelindung, kemudian bagian yang akan disusun dari beberapa modul surya yang terpasang sedemikian rupa pada pemyamga tersebut. Panel surya yang akan dirangkai secara seri dari sebuah sel-sel surya ditunjukkan akan meningkatkan daya, dalam bagian ini dapat menggunakan sebuah tegangan yang dihasilkan setiap sel surya. Sedangkan untuk bagian arusnya dapat didesain sesuai kebutuhan yang diperlukan. [22]



Gambar 2.11 diagram hubungan *solar cell dan array*. [23]

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Adapun faktor-faktor utama yang mempengaruhi modul surya pada suatu pembangkit listrik tenaga surya dalam proses produksi energy listrik adalah :

#### a. Radiasi (Besarnya Intensitas Sinar Matahari)

Besarnya pengaruh radiasi terhadap produksi energi pada panel surya yang memperlihatkan fungsi peristiwa radiasi terhadap kurva karakteristik sebuah tegangan dan arus.

Dan ketika energi radiasi menurun maka arus yang dihasilkan juga akan mengurang dengan sendirinya. Sedangkan untuk radiasi tegangan tanpa beban sangatlah kecil, sebagai suatu kenyataan efisiensi dan konversi pada panel surya tidak akan terpengaruh oleh suatu kenyataan efisien dari konversi pada sebuah modul surya tidak akan pengaruh oleh radiasi yang bervariasi asalkan masi daerah standar operasional dari modul surya, yang berarti biasa dikatakan juga efisiensi dan variasi biasa dikatakan sama, dalam kondisi lagi cerah maupun dalam keadaan mendung dapat dijadikan acuan bukannya penurunan efisien melainkan penurunan produksi arus listrik radiasi matahari yang rendah.

$$\text{Kebutuhan daya} = \frac{\text{beban}}{\text{efisiensi inverter}} \quad (2.1)$$

Output PV = kapasitas modul x efisiensi modul

Total daya = efisien PV x radisai matahari

#### b. Jumlah Aray (N)

Sistem PLTS ini beerdasarkan beban menggunakan listrik rumah tangga. Dengan mengetahui beban rumah maka dapat ditentukan kapasitas inverter yang akan digunakan. Pada sebuah tegangan input inverter diperlukan u tuk menentukan perancangan jumlah panel surya dan sebuah kapasitas yang akan digunakan. Kapasitas PLTS harus sedikit lebih besar atau sama dengan beban yang digunakan untuk setiap rumah.

$$\text{Jumlah daya} = \frac{\text{kebutuhan daya}}{\text{total daya}} \quad (2.2)$$

#### c. Jenis-jenis silicon yang digunakan

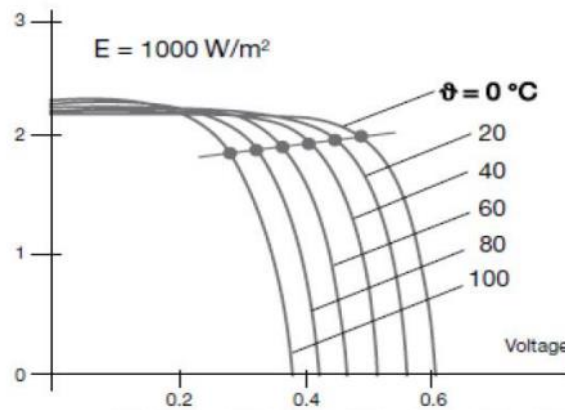
#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

cara melihat perbedaan efisiensi dari sebuah tipe modul surya berdasarkan siliconnya. Maka perlu diperhatikan bahwa perbedaan ini dibandingkan dengan kondisi luas permukaan modul yang sama besar. Tapi jika dilihat dari efisiensi panel surya yang paling efisien adalah jenis polly-crystalline.

#### d. Temperatur Modul Surya

Adapun temperatur modul surya ini kebalikan dari malah radiasi, ketika temperatur dari panel surya meningkatkan arus yang diproduksi dari panel surya pada kenyataan ini tetap tidak mengalami perubahan, sebaliknya mengalami penurunan dan bersaan dengan itu dari panel surya juga mengalami penurunan dalam produksi energi listrik.



Grafik 2.3 Pengaruh Temperatur Modul Pada Produksi Energi Pnale Surya [23]

#### e. Intensitas Radiasi Matahari

Radiasi matahari iyalah daya yangdihasilkan oleh sinar matahari dalam satuan luas (w/m) maka jumlah dihasilkan energi pada matahari dengan radiasi satuan kWh/m radiasi bisa juga disebut dengan PSH(*peak sun hour*)

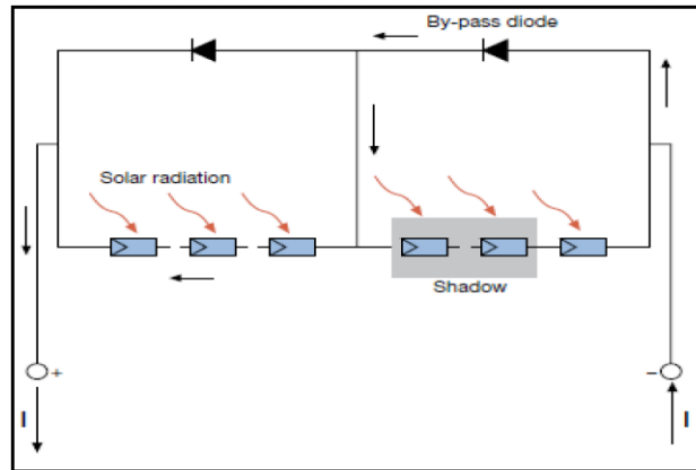
#### f. Shading (banyangan)

Area yang digunakan oleh panel surya sebagian darinya kemungkina terhalang oleh pepohonan, daun yang jatuh asap, kabut, awan dahn lain lain. Apabila panel terkena bayangan maka sela surya yang tertutup oleh bayangan akan terhenti memproduksi energi listrik dan berubah menjadi beban pasif. Sel ini akan dilakukan seperti dioda dalam sebuah kondisi memblok arus yang diproduksi oleh sel lain dalam rangkaian seri dan akan



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

membahayakan rangkaian produksi dari modul surya tersebut. Akan terlebih lagi bisa merusak modul akibat adanya panas yang berlebih akibat bayangan, maka diantisipasi dengan menggunakan dioda yang terpasang parallel pada masing-masing modul[23]



Gambar 2.12 pengaruh bayangan terhadap modul surya[23]

Menurut acuan pemerintah yang berujuk ke buku GSES, minimal persaran teknis standar untuk PV sistem atau menggunakan produksi harus mengetahui informasi pada spesifikasi berikut :[23]

1. Nama produksi PV module
2. Nama produksi sel surya
3. Bulan dan tahun produksi ( secara terpisah untuk PV module dan sel surya )
4. Negara asal ( secara terpisah untuk PV module dan sel surya )
5. Kurva I-V modul
6. Watt tertinggi,  $I_m$ ,  $V_m$  dan FF modul
7. No seri PV module dan sel surya ( secara terpisah untuk PV module dan sel surya )
8. Bulan dan tahun di peroleh nya sertifikasi IEC pada kualifikasi PV module
9. Penerbit tes lab spesifikasi IEC
10. Informasi yang akan berhubungan antara modul dan sel surya berdasarkan seri ISO 9000

Adapun sebuah komponen penghasil listrik yang memiliki katakteristik tertentu berdasarkan parameter terukur sebagai berikut:

- a. *Peak power* (wp) menyatakan daya maksimum yang terjadi pada titik lutut (knee point) kurva i-v
- b. *Peak current* (VMP) menyatakan nilai tegangan pada titik lutut kurva
- c. *open voltage* (VOC) menyatakan pada nilai tegangan saat terminal positif dan negatif tidak akan ada beban
- d. *peak curret* (IMP) menyatakan besarnya arus yang mengalir
- e. *short circuit current* (ISC) menyatakan arus yang mengalir pada termianl positif dan negatif yang terhubung secara singkat.

## 2.3.5.2 Jenis-Jenis Modul Surya

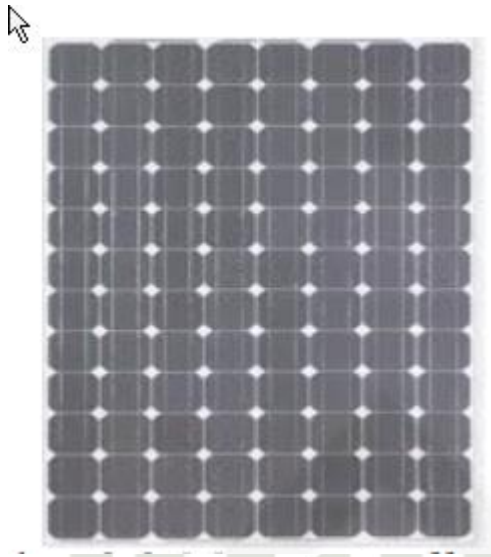
### 1. *Crystalline Cell*

#### a. *monocrystalline*

*monocrystalline* jenis ini yang terbuat dari batang kristal teriris tipis-tipis, karena pada sel surya berasal dari satu induk batangan kristal. Maka setiap potongan memiliki karakteristik yang sangat identik dari pada yang lainnya. Sehingga mengetahui terdapat sebuah efisiensi pada *monicrystalline* ini mencapai 15-20 % oleh karena itu perbedaan harga lebih mahal *monocrystalline* dari pada *polycrystalline*. *Monocryistalline* lebih banyak menyerap panas dari pada polycrystalline itu artinya suhu *monocrytalline* lebih sangat tinggi dari pada *polycrystalline* pada lingkungan yang sama. Pada umumnya semakin tinggi suhu *crystalsilicon* maka semakin akan semakin menurun kemampuannya. Pada suhu tinggi peforma *monocrystalline* tidak sebaik *polycrystalline* artinya maka akan terjadinya penurunan peforma yang lebih banyak pada solar panel *monocrystalline* ada terdapat sebuah kelemahan dari panel surya yang bertipe *monocrystalline* ini yaitu potongan pada setiap sel suryanya berupa 6-8 atau bulat, sehingga ketika disusun secara bersamaan maka sel surya lainnya akan membentuk ruang kosong. Tentu saja hal ini dapat mengurangi kerapatan sel surya yang apabila disusun dalam skala besar maka akan menimbulkan ruang sisa tidak berguna yang sangat banyak .[24]

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

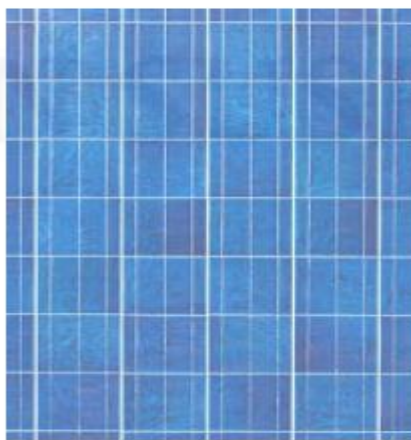
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.13 *monocrystalline* [24]

#### **b. Polycrystalline**

panel surya jenis ini yang terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituangkan ke sebuah cetakan pada umumnya berbentuk persegi. Kemurnian *polycrystalline* tidak setinggi *monocrystalline* sehingga efisiensi nya sekitar 13-16% tipe ini memerlukan tempat yang cukup besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Akan tetapi dengan potongan panel yang berbentuk persegi, *polycrystalline* ini disusun lebih rapat dari pada panel *monocrystalline* mempunyai toleransi suhu yang sangat rendah, sehingga dalam sebuah performanya *polycrystalline* ini tidak menyerap panas dan suhu permukaan *polycrystalline* tidak panas dan dapat bekerja secara maksimal.

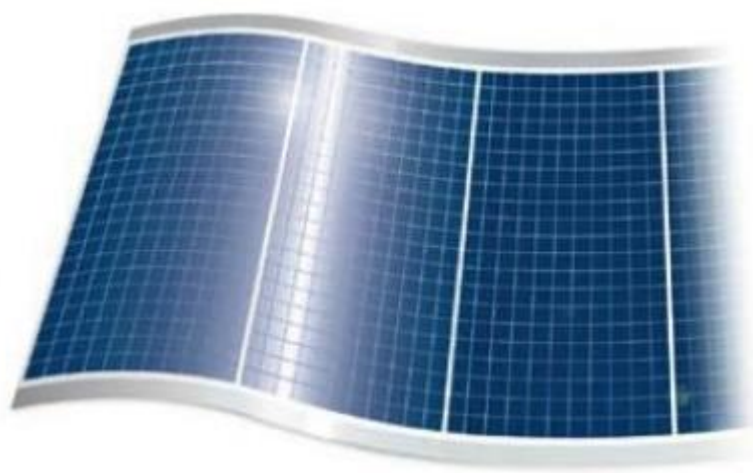


Gambar 2.14 *Polycrystalline* [24]



## 2. Thin Layer

Pada panel surya yang bernama thin layer ini merupakan panel surya (dua lapisan) dengan berbentuk struktur lapisan tipis mikrokristalin silikon dan *amorphous* dengan kapasitas efisiensi yaitu 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan untuk per watt sebuah daya yang dihasilkan lebih besar dari pada *monocrystalline* & *polycrystalline*. Untuk jenis panel surya ini memiliki kerapatan atom yang sangat rendah sehingga sangat mudah dibentuk dan dikembangkan ke berbagai macam ukuran dan potongan secara umum dapat di produksi dengan biaya lebih murah. Pada panel surya ini dibuat dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan tipis ke dalam lapisan dasar. Panel surya yang berjenis ini sangat tipis sehingga lebih ringan dan fleksibel. Oleh sebab itu sering disebut juga sebagai TFPV ( *thin film photovoltaic* ). Ada juga inovasi terbaru yaitu *thin film triple junction PV* ( memiliki tiga lapisan ) sehingga dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan sehingga dapat menghasilkan daya listrik sebanyak 45% sehingga lebih tinggi dari pada jenis panel lainnya dengan daya yang dirasa setara. [24]



Gambar 2.17 *thin layer* [24]

### 2.3.5.3 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya terhadap Radiasi Rata – Rata Matahari

Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh sistem *photovoltaic*, semakin besar intensitas radiasi yang diterima maka daya yang dapat dihasilkan oleh sistem juga semakin besar karena energi

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

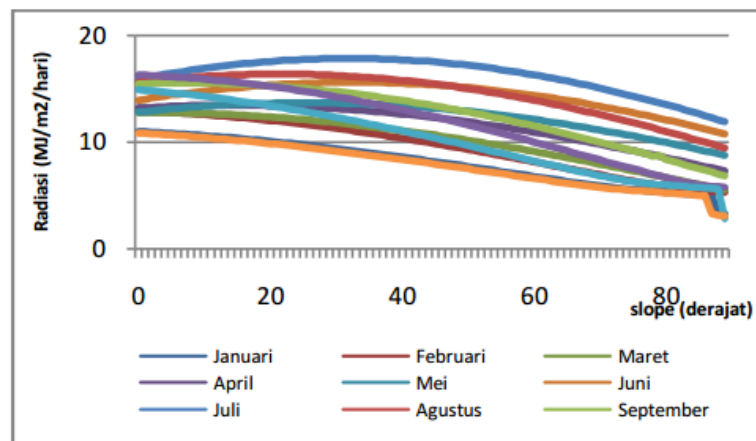
matahari merupakan sumber utama dari pembangkitan menggunakan teknologi *photovoltaic*.

Daya keluaran sistem *photovoltaic* dapat dimaksimalkan dengan menggunakan peralatan kontrol tambahan seperti PWM atau MPPT dan juga dapat dilakukan dengan memaksimalkan besar intensitas matahari yang dapat diterima oleh panel surya.

Pada penelitian ini daya keluaran *photovoltaic* dilakukan dengan cara memaksimalkan radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya. Salah satu cara untuk memaksimalkan intensitas radiasi matahari adalah dengan menempatkan panel surya dengan sudut kemiringan yang paling tepat agar dapat menerima radiasi matahari yang paling tinggi. [25]

### 2.3.5.4 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya terhadap Radiasi Rata – Rata Matahari per bulan

Sudut kemiringan panel surya yang paling tepat agar mendapatkan radiasi matahari yang paling tinggi untuk setiap bulan dalam satu tahun besarnya bervariasi, hal ini dapat dilihat pada Gambar



Grafik 2.4 hubungan *slope* terhadap radiasi matahari yang diterima PV per bulan [25]

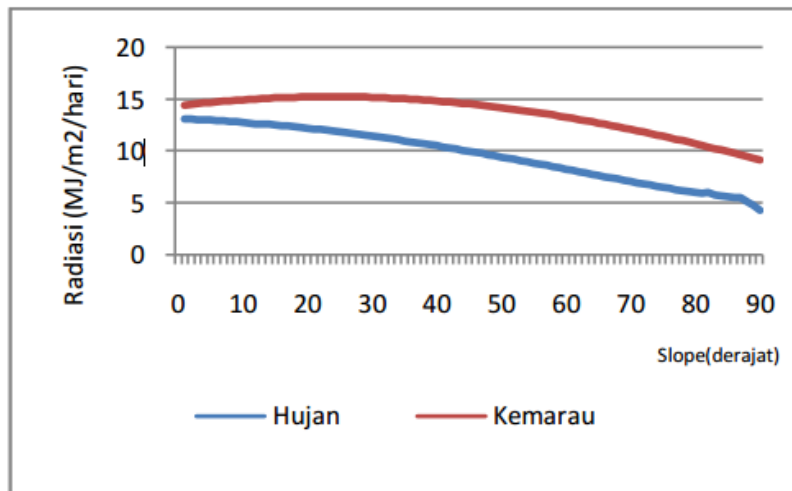
Berdasarkan Gambar 2.19 terlihat bahwa pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya per bulan cenderung tidak linear dan tidak konstan. Hal ini karena besarnya radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tidak hanya bergantung pada besar sudut kemiringan panel tetapi juga diakibatkan

beberapa faktor lain seperti gerak semu harian dan tahunan matahari serta indeks kecerahan perbulan.

### 2.3.5.5 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya terhadap Radiasi Rata – Rata Matahari permusim

Radiasi rata – rata matahari pada setiap musim yang dibahas pada penelitian ini didapatkan dengan cara menjumlahkan radiasi rata – rata yang diterima panel surya pada bulan Oktober – Maret untuk musim hujan dan bulan April – September untuk musim kemarau pada sudut kemiringan panel surya sebesar  $10^{\circ}$  –  $90^{\circ}$ .

Sudut kemiringan panel surya yang paling tepat untuk musim hujan adalah  $1^{\circ}$  dengan radiasi rata – rata yang dapat diterima panel sebesar  $13,128 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$  sedangkan pada musim kemarau radiasi maksimal yang diterima oleh modul sebesar  $15,284 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$  saat panel dipasang pada sudut kemiringan sebesar  $24^{\circ}$ . [25]



Grafik 2.5 Perbandingan radiasi rata – rata yang diterima modul PV pada musim hujan dan musim kemarau. [26]

Berdasarkan Gambar 2.20 terlihat bahwa radiasi matahari yang diterima oleh panel surya pada musim kemarau lebih besar daripada saat musim hujan. Hal ini dapat disebabkan pada musim kemarau cuaca cenderung cerah dimana matahari tidak tertutup awan sehingga indeks kecerahannya lebih besar dan menyebabkan radiasi yang diterima di bumi dan di panel surya menjadi lebih besar.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.3.5.6 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Rata – Rata Matahari Pertahun

Radiasi rata – rata tahunan matahari merupakan penjumlahan radiasi rata – rata bulanan dari bulan Januari hingga Desember. Panel surya tipe *array* tetap adalah panel surya yang dipasang dengan sudut kemiringan yang tetap untuk setiap tahunnya, sehingga dibutuhkan sudut pemasangan sudut kemiringan yang paling tepat untuk pemasangan dalam kurun waktu tahunan.

Radiasi rata – rata matahari paling tinggi yang dapat diterima oleh panel surya tipe *array* tetap untuk pemasangan dalam kurun waktu adalah 13,86 MJ/m<sup>2</sup>/hari yaitu saat panel surya dipasang dengan kemiringan sudut sebesar 90°. [26]

### 2.3.5.7 Pengaruh Sudut Azimut Terhadap Radiasi Matahari yang Diterima Panel Surya

Sudut azimut panel surya merupakan sudut peletakan panel surya searah dengan arah jarum jam dengan acuan arah utara, besar sudut azimut mulai dari 0° – 360°. Pada penelitian ini, pengaruh sudut azimut yang digunakan untuk melihat pengaruh sudut azimut terhadap radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya adalah mulai dari sudut 90° hingga 270° dengan kenaikan setiap sudutnya sebesar 30°.

Tabel 2.2 Hasil radiasi rata – rata matahari dengan variasi sudut azimut modul *photovoltaic* per bulan dengan [26]

Bln	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°
Jan	11,0	10,8	10,8	10,7	10,8	10,9	11,0
Feb	12,9	12,8	12,7	12,7	12,7	12,8	12,9
Mar	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Apr	13,0	13,2	13,3	13,4	13,4	13,2	13,1
Mei	12,6	12,9	13,2	13,3	13,2	13,0	12,7
Jun	13,6	14,1	14,5	14,7	14,6	14,2	13,8
Jul	15,6	16,1	16,6	16,8	16,6	16,3	15,7
Agt	15,4	15,7	16,0	16,1	16,0	15,8	15,5
Sept	15,3	15,4	15,5	15,5	15,5	15,4	15,3
Okt	16,2	16,1	16,0	16,0	16,0	16,1	16,2
Nov	14,8	14,6	14,5	14,4	14,5	14,6	14,8
Des	10,8	10,7	10,6	10,5	10,6	10,7	10,8

Berdasarkan Tabel 2.1 terlihat sudut azimut yang paling tepat untuk pemasangan panel surya untuk kota Semarang sebesar 180° dimana panel surya diletakkan menghadap

utara menghadap garis khatulistiwa. Hal ini sesuai dengan *Duffie dan Beckmen* dimana untuk sudut azimut yang paling optimal untuk belahan bumi selatan sebesar  $180^\circ$ .

### 2.3 Inverter

Inverter adalah suatu bagian elektronika yang mendukung PLTS untuk mengubah arus searah DC (direct flow) menjadi arus putar AC (pengganti arus) yang perangkat keras listriknya dibutuhkan secara besar-besaran. Pilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu bergantung pada prasyarat tumpukan seperti halnya pada kerangka kerja yang sebenarnya. Apakah kerangka kerja yang terkait dengan organisasi kekuasaan (matriks terkait) atau kerangka kerja independen (kerangka kerja tetap soliter). Kemahiran inverter selama aktivitas sekitar 90%. [27]

Seperti yang ditunjukkan oleh buku GSES untuk perhitungan inverter, yaitu sesuai dengan persyaratan beban, untuk menentukan jumlah string dalam kerangka, rencana permainan papan tergantung pada tegangan input inverter dan tegangan hasil papan.[28]

$$\text{Jumlah string} = \frac{\text{tegangan input inverter}}{\text{tegangan PV}} \quad (2.3)$$

$$\text{Jumlah parallel} = \frac{\text{jumlah panel}}{\text{jumlah string}} \quad (2.4)$$

Karakteristik peforma yang dibutuhkan, inverter untuk sistem PLTS yang berdiri sendiri (*stan-alone*) dan PLTS *grid-connected* adapun memiliki karakteristik yang berbeda yaitu [29]

#### a. Inverter Pada PLTS Stand-Alone

Sistem ini dirancang beroperasi mandiri memenuhi beban DC maupun AC, jenis sistem ini dapat beroperasi oleh array photovoltaic saja, serta bisa menggunakan energi tambahan seperti air, angin, maupun diesel, PLTS ini berdiri sendiri menggunakan baterai penyimpanan energi.

#### b. Inverter Pada PLTS Grid-Connected

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Salah satu komponen yang paling berperan penting pada sistem ini adalah inverter, yang berfungsi untuk mengubah daya DC yang dihasilkan PLTS menjadi daya AC yang sesuai dengan persyaratan dari jaringan listrik, yang terhubung (*utility grid*).

Inverter dapat memulihkan tegangan yang sama persis dengan tegangan kisi secara bersamaan, untuk memajukan dan meningkatkan hasil energi yang dihasilkan oleh modul berbasis sinar matahari. Ide hubungan inverter menggambarkan jenis rangkaian inverter dalam PV lebih kecil dari kerangka yang diharapkan untuk usia gaya listrik oleh papan berorientasi matahari, dan hubungan antara inverter dan tumpukan atau organisasi. Pada umumnya, ada dua kelas inverter, tepatnya, inverter fokus atau disebut inverter fokus dan inverter string. [30]

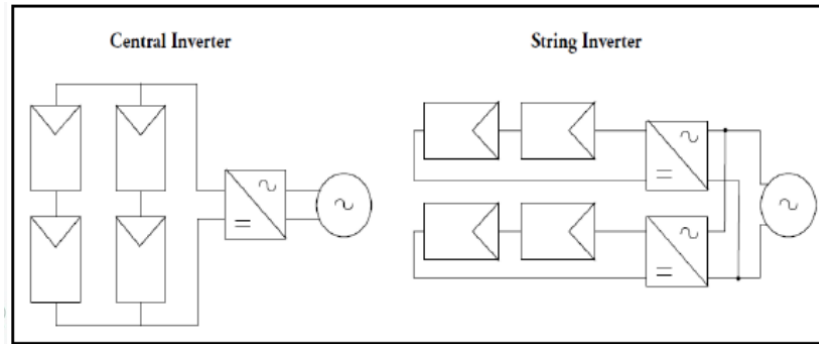
#### a. **Inverter Sentral (Central Inverters)**

*Inverter sentral (central inverters)* biasanya digunakan pada berbagai sistem PLTS skala menengah dan skala besar. *Central inverters* menyajikan instalasi yang lebih handal dan sederhana. *Central inverters* biasanya merupakan sistem tiga fasa dan dilengkapi transformator frekuensi jaringan (*grid frequency transformer*). Selain itu *central inverters* menggunakan konfigurasi master slave yaitu beberapa *inverter* tidak akan bekerja atau padam ketika radiasi dalam keadaan rendah, sedangkan *inverter* lainnya tetap bekerja sesuai atau mendekati pembebanan yang optimal. Ketika iradiasi tinggi, semua beban dibagikan dan ditanggung oleh semua *inverter* [30]

#### b. **Inverter String**

*Inverter string* menggunakan *inverter* yang berlipat ganda untuk *string array* yang berlipat ganda juga. Penggunaan *inverter string* sangat banyak dan meningkat karena *inverter string* dapat mengatasi batasan daya yang luas dan lebih murah dalam proses pembuatannya daripada jenis *central inverters*. Sistem ini sangat cocok untuk kondisi modul surya yang tidak bisa dipasang pada orientasi yang sama, berbeda spesifikasi, atau perbedaan radiasi yang diterima. Sistem ini memiliki kelebihan yaitu lebih mudah dalam perbaikan dan penggantian, karena tidak diperlukan personil dan spesialis, dan waktu yang dibutuhkan tidak selama sistem sentral, jadi tidak banyak hasil produksi energi yang terbuang saat perbaikan.





Gambar 2.16 *Central Inverter dan String Inverter*  
(Solar Guide Book (IFC))[30]

Dalam melakukan pemilihan *inverter*, ada beberapa hal yang harus perlu dipertimbangkan ketika memilih *inverter* menurut standart GSES antara lain:

1. Nilai tertinggi dari PV *array*
2. Posisi semua solat modul yang sama pada bidang yang sama, yaitu sudut kemiringan dan arah yang sama
3. Jenis *shading* yang pada *array*
4. Biaya modal dari jenis inverter yang berbeda
5. Rata-rata energi pertahun

Perancang sistem harus memeriksa *inverter* yang memenuhi persyaratan otoritas dari *central electricity authority* ( technical standards)

#### 2.4.1. Menentukan Ukuran *Inverter*

- a. Menentukan maksimum modul dalam seri

Setelah memilih konsep sistem *inverter* yang akan digunakan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan ukuran *inverter* yang digunakan. Setelah memilih pabrikan dan kapasitas *inverter* maka perlu dilakukan penyesuaian *array* dan *inverter*, dengan tujuan agar *inverter* dapat berkerja dan tidak membuat kerusakan pada *inverter*. Adapaun langkah-langkah dalam melakukan penyesuaian *array* dan *inverter* adalah sebagai berikut:

Menentukan maksimum modul dalam seri Jumlah modul dalam seri ditentukan oleh tegangan *open circuit* (Voc), karena tegangan bergantung pada temperatur, maka Voc harus sesuai dengan koreksi temperatur dalam langkah menghitung maksimum tegangan sistem panel surya. Temperatur koreksi Voc akan menentukan jumlah maksimum modul yang diperbolehkan per seri. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

perbedaan temperatur dilokasi proyek, dalam kasus ini yaitu temperatur terendah. Untuk menghitung maksimum modul dalam seri dapat menggunakan persamaan berikut:[31]

$$V_{oc_{max}} = V_{oc} + T_{low} - T_{STC} \times T_{coeffV_{oc}} \times V_{oc} \quad (2.5)$$

Dimana:

$V_{oc_{max}}$  = tegangan open-circuit maksimal (V)

$V_{oc}$  = tegangan open-circuit (V)

$T_{low}$  = temperature terendah ( $^{\circ}C$ )

$T_{stc}$  = temperature standar ( $25^{\circ}C$ )

$T_{coeffV_{oc}}$  = koefisiensi temperature  $V_{oc}$  ( $\%/^{\circ}C$ )

Jumlah maksimum modul dalam seri harus lebih kecil atau sama dengan tegangan masukan maksimal DC *inverter* dibagi dengan tegangan open-circuit maksimal.

Dapat dihitung dengan menggunakan persaan berikut :

$$N_{max} \leq \frac{V_{dc \text{ inv}}}{V_{oc \text{ max}}}$$

#### b) Minimum modul dalam seri

Tegangan operasi minimum *inverter* dapat dihitung menggunakan tegangan maksimum modul ( $V_{mp}$ ) pada rata-rata temperature lingkungan tertinggi. Dalam megestimasi temperatur sel yang nyata, membutuhkan faktor kenaikan temperatur ( $T_{rise}$ ) yang dihasilkan dari kondisi temperatur lingkungan. Dalam menghitung minim modul dalam seri dapat menggunakan persamaan berikut:[31]

$$V_{MP_{min}} = V_{MP} + (T_{rise} + T_{high} - T_{STC}) \times (T_{coeffV_{mp}} \times V_{MP}) \quad (2.6)$$

Dimana:

$V_{MP_{min}}$  = tegangan operasi minimum (V)

$V_{MP}$  = tegangan modul (V)

$T_{rise}$  =kenaikan temperature dari terendah ke tertinggi ( $^{\circ}C$ )

$T_{high}$  =temperature tertinggi ( $^{\circ}C$ )

$T_{STC}$  =temperature standar ( $25^{\circ}C$ )

$T_{coeffv_{imp}}$  =koefisien temperature  $V_{MP}$  ( $\%/^{\circ}C$ )

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Jumlah minimum modul dalam seri harus lebih besar atau sama dengan tegangan masukkan *inverter* dibagi dengan tegangan operasi minimum panel surya, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$N_{\min} \geq \frac{V_{dc \text{ inp } inv}}{V_{mpp \text{ min}}}$$

#### c) Menentukan maksimum *string* dalam parallel

Untuk menghitung jumlah maksimum *string* dalam parallel, dapat membagi arus maksimum masukkan *inverter* dengan arus modul surya. Jumlah maksimum *string* dalam parallel harus lebih kecil atau sama dengan arus maksimum masukkan *inverter* dibagi dengan arus modul surya, dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N_{\max} \leq \frac{\max inv}{mp} \quad (2.7)$$

#### d) Menentukan kapasitas maksimum *array*

Langkah terakhir dalam melakukan penyesuaian *array* dengan *inverter* yaitu dengan menghitung daya maksimum *array*. Beberapa konfigurasi *array* dapat tidak mengirimkan tegangan atau arus yang cukup, sehingga akan mempengaruhi keluaran *inverter*. Jika hal ini terjadi, maka nilai energi surya yang dibangkitkan menjadi energi listrik menghilang kelingkungan berupa panas. Salah satu cara untuk menyesuaikan masukkan *array* dengan keluaran *inverter* yaitu dengan mengetahui nilai PTC (PV Test Condition) dari modul surya, karena keluaran modul surya tidak sama dengan spesifikasi pabrikan, sehingga nilainya lebih kecil daripada yang dirancang oleh pabrikan. Nilai PTC dapat dihitung dengan mengkalikan nilai daya spesifikasi pabrikan dengan faktor *derating* yaitu 0.9. Dalam menghitung kapasitas maksimum *array* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$N \leq \frac{p_{inv}}{PTC \times inv} \quad (2.8)$$

### 2.4.2 Menyesuaikan *Array* Dengan Spesifikasi Tegangan Inverter

#### a. Minimum tegangan *Inverter*

Modul surya memiliki tegangan terendah di cuaca hangat. *array* harus dirancang sehingga tegangan VMP *array* pada suhu operasi tertinggi tidak jatuh di bawah



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tegangan MPPT minimum pada *inverter*. Langkah pertama adalah untuk menemukan tegangan modul pada suhu modul maksimum dengan menggunakan persamaan (2.1) :[27]

$$V_{MP} = V_{MP-STC} - [\gamma_V \times (T - T_{STC})] \quad (2.9)$$

Dimana:

$V_{MP-STC}$  = Tegangan MPP pada kondisi pengujian standar (STC),

$\gamma_V$  = Koefisien suhu VMP,

$T$  = Suhu modul pada suhu udara ambien maksimum

$T_{STC}$  = Suhu di STC

#### b. Maksimum Tegangan *Inverter*

Jumlah maksimum modul dihitung dengan suhu terendah ketika tegangan VOC modul berada pada titik tertinggi. Tegangan VOC digunakan sebagai pengganti tegangan VMP karena tegangan VOC lebih tinggi dan sebagai tegangan maksimum yang disediakan untuk inverter ketika *array* terhubung. Tegangan VOC Modul adalah nilai pertama yang dihitung dengan persamaan.

$$V_{OC} = V_{OC-STC} - [\gamma_{VOC} \times (T - T_{STC})] \quad (2.10)$$

Dimana:

$V_{OC-STC}$  = Tegangan rangkaian terbuka di STC,

$\gamma_{VOC}$  = koefisien suhu untuk VOC dan

$\gamma_V$  = Koefisien suhu VOC,

$T$  = Suhu modul diharapkan terendah di suhu yang ditentukan.

$T_{STC}$  = Suhu modul STC

Perhitungan untuk VOC tidak diukur untuk modul PV selama musim dingin atau musim panas, nilai STC karena itu digunakan bersama dengan faktor keamanan 5% untuk menghitung tegangan yang lebih tinggi.

$$V_{inverter} = V_{max} \text{ input. } 0,95$$

Jumlah maksimum modul dihitung persamaan dengan membagi tegangan *inverter* dengan  $V_{oc}$  modul.:

$$\text{Jumlah modul} : \frac{V_{\text{inverter}}}{V_{\text{oc omd}}}$$

### 2.4.3 Macam – Macam *Inverter*

#### 2.4.3.1 Berdasarkan Tipe Gelombang

##### a. *Square Sine Wave Inverter*

Tipe *inverter* ini akan menghasilkan *Output* gelombang (sinus) persegi, jenis *inverter* ini tidak cocok untuk beban AC tertentu seperti motor induksi atau transformer, selain tidak dapat bekerja *square sine wave* dapat merusak peralatan tersebut.

##### b. *Pure Sine Wave Inverter*

Tipe *inverter* yang menghasilkan *Output* gelombang sinus murni setara PLN. *Inverter* jenis ini diperlukan terutama untuk beban-beban yang menggunakan kumparan induksi agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak cepat panas.

##### c. *Modified Sine Wave Inverter*

Tipe *inverter* yang menghasilkan *Output* gelombang persegi yang disempurnakan /persegi kuasi yang merupakan kombinasi antara *square wave* dan *sine wave*. *Inverter* ini masih dapat menggerakkan perangkat yang menggunakan kumparan, hanya saja tidak maksimal serta faktor *energy-loss* yang besar.. dan tidak cocok dengan perangkat elektronik yang sensitif atau khusus, misalnya laser printer tertentu, peralatan audio.

##### d. *Grid Tie Inverter (GTI)*

*Grid Tie Inverter (GTI)* adalah tipe spesial *inverter* yang dirancang untuk menyuntikkan arus listrik ke sistem distribusi tenaga listrik yang sudah ada, misalkan PLN, Genset. *Inverter* tersebut harus disinkronkan dengan frekuensi grid yang sama, biasanya berisi satu atau lebih fitur maksimum *power point tracking* untuk mengkonversi jumlah maksimum daya yang tersedia, dan juga termasuk fitur proteksi keselamatan.

*Grid Tie Inverter* juga dikenal sebagai synchronous *inverter* dan perangkat ini tidak dapat berdiri sendiri, apalagi bila jaringan tenaga listriknya tidak tersedia. Dengan adanya *grid tie inverter* kelebihan KWh yang diperoleh dari sistem PLTS ini bisa disalurkan kembali ke jaringan listrik PLN untuk digunakan bersama.

Rugi-rugi yang terjadi pada *inverter* biasanya berupa disipasi daya dalam bentuk panas. Efisiensi tertinggi dipegang oleh *grid tie inverter* bisa mencapai 95-97% bila beban outputnya hampir mendekati *rated* bebannya. Sedangkan pada umumnya efisiensi *inverter* adalah berkisar 50-90% tergantung dari tipe *inverter* dan beban outputnya.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bila beban outputnya semakin mendekati beban kerja *inverter* yang tertera maka effisiensinya semakin besar, demikian pula sebaliknya. *Modified sine wave inverter* bila dipaksakan untuk beban-beban induktif maka effisiensinya akan jauh berkurang dibandingkan dengan *pure sine wave inverter*. Perangkat beban akan menyedot daya 20% lebih besar dari yang seharusnya. Oleh karena itu dari sisi harga maka *pure sine wave inverter* adalah yang paling mahal selain *Grid Tie Inverter*.

#### 2.4.3.2 Berdasarkan Konfigurasi

##### a. *Inverter Mikro (Micro Inverter)*

*Inverter* mikro atau juga yang biasa disebut *inverter* modul dipasang dibagian belakang setiap modul surya. *Inverter* ini diproduksi di kisaran 100-300 W. Keuntungan *inverter* mikro adalah menggunakan kabel DC yang sedikit karena keluaran dari modular merupakan daya AC yang langsung diparalelkan pada setiap modul dan kemudian disambungkan ke jaringan. Keuntungan lainnya ialah, apabila untuk penambahan daya, hanya dengan menambahkan modul surya dan *inverternya* saja dan tidak perlu membongkar.[26]



Gambar 2.17 *Inverter* mikro[31]

##### b. *Inverter string (String Inverter)*

*String inverter* biasanya digunakan untuk pemasangan jaringan tersambung skala kecil (10kW atau kurang). Biasanya kapasitas *string inverter* ialah 1 kW sampai kira-kira 12 kW, ketika PLTS berkapasitas di atas 5 kW maka *inverter multi string* atau *inverter* terpusat dapat digunakan sebagai *inverter* alternatif. Setiap *inverter on-grid* memiliki fungsi sebagai MPPT dan tegangan DC inputnya bisa mencapai 1000V DC.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.18 *string inverter* [31]

#### c. Inverter Terpusat (*Central Inverter*)

*Inverter* terpusat ini biasanya digunakan untuk daya PLTS yang besar, sebagai contoh *inverter* ini digunakan pada daya dari 30 kWp dan dari 100kWp. Inverter terpusat ini sama halnya dengan *inverter string* dan *multi-string* namun yang membedakan dengan inverter terpusat adalah *array* pada PLTS dapat dibagi menjadi beberapa *Subarray*.



Gambar 2.19 *Central inverter* [31]

## 2.5 Spesifikasi Sel Surya

### 2.5.1 Dasar Sel Surya

Bahan dasar sel surya terbuat dari silikon yang merupakan bahan semikonduktor. Pada sel surya, silikon mampu berperan sebagai isolator pada suhu rendah dan menjadi

konduktor saat terdapat energi dan suhu panas. Sebuah silikon sel surya merupakan diode yang berasal dari lapisan atas silikon tipe n (*silicon doping of phosphorus*) dan lapisan bawah silikon tipe (*silicon doping of boron*).[33]

### 2.5.2 Perkembangan Sel Surya

Perkembangannya, sel surya semakin banyak memanfaatkan silikon dan bahan semikonduktor yang bervariasi sebagai bahan bakunya. Sel surya memiliki beberapa jenis, diantaranya adalah:[31]

- a. Monokristal (*Monocrystalline*) Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi dan memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.
- b. *Polycrystalline / Multicrystalline* Panel ini memiliki level silikon yang lebih rendah dari panel *monocrystalline*, maka panel ini sedikit lebih murah dan sedikit lebih rendah efisiensinya dari panel *monocrystalline*. Panel *polycrystalline* merupakan panel surya (*solar cell*) yang memiliki susunan kristal acak. Tipe *policrystalline* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.
- c. *Galium Arsenide (GaAs)* Gallium arsenide ini merupakan sel surya pada unsur periodik III – V yang berbahan semikonduktor. Sel surya ini sangat efisien dan efektif untuk menghasilkan energi listrik sekitar 25%, dan sering diaplikasikan pada pembuatan perangkat seperti: *microwave frequency integrated circuits*, *monolithic microwave integrated circuits*, *infrared light emitting diodes*, sel surya, *optical windows*, dan dioda laser.

### 2.5.3 Energi Listrik

Sinar matahari dapat menghasilkan energi listrik (energi sinar matahari menjadi foton) sebuah sel surya tidak tergantung pada besaran luas bidang silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar antara  $\pm 0,5$  volt maksimum 600 mV pada 2 ampere, dengan kekuatan radiasi solar matahari  $1000 \text{ W/m}^2 = \text{“1 Sun”}$  akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar  $30 \text{ mA/cm}^2$  per sel surya.[33]

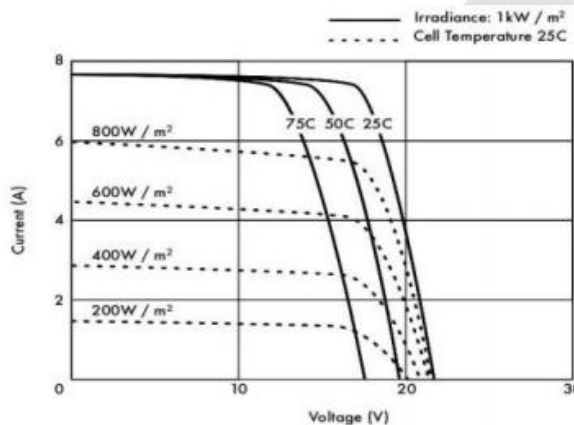
#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

### 2.5.4 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Pada pengoperasian sel surya pastinya terdapat komponen yang menjadi faktor X agar sel surya dapat beroperasi secara maksimal, faktor X tersebut adalah:

#### a. Ambien Air Temperature

Sel surya dapat beroperasi secara maksimal jika temperatur sel tetap normal pada 25 derajat celsius. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan Voc.



Grafik 2.6 Karakteristik penurunan voltage terhadap kenaikan temperatur [33]

Gambar.2.1 menunjukkan setiap kenaikan temperatur sel surya 10 derajat *celcius* dari 25 derajat celsius akan berkurang sekitar 0,4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10 derajat *celcius*.

#### b. Radiasi Matahari

Radiasi matahari di bumi pada lokasi yang berbeda akan bervariasi dan sangat tergantung dengan keadaan spektrum matahari ke bumi. Insolasion matahari akan banyak berpengaruh terhadap arus (I) dan sedikit terhadap tegangan (V)

#### c. Atmosfir Bumi

Kondisi atmosfer bumi yang berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air, kabut dan polusi sangat berpengaruh untuk menentukan hasil maksimal arus listrik dari sel surya.

#### d. Tiupan Angin

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi sel surya sangat membantu terhadap pendinginan temperatur permukaan sel surya sehingga temperatur dapat terjaga dikisaran 25 derajat celsius.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

#### e Orientasi Panel

Orientasi dari rangkaian panel ke arah matahari secara optimal memiliki efek yang sangat besar untuk menghasilkan energi yang maksimum. Selain arah orientasi sudut, orientasi (*tiltangle*) dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi yang maksimum. Untuk lokasi yang terletak di belahan utara latitude, maka panel sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu juga yang letaknya di belahan selatan latitude, maka panel sebaiknya diorientasikan ke utara. Ketika panel diorientasikan ke barat atau ke timur sebenarnya akan tetap menghasilkan energi, namun energi yang dihasilkan tidak akan maksimal.

#### f Posisi letak sel surya terhadap matahari

Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan modul surya secara tegak lurus akan memperoleh energi maksimum  $\pm 1000 \text{ w/m}^2$  atau  $1 \text{ kw/m}^2$ . Untuk mempertahankan tegak lurusnya sinar matahari terhadap panel surya dibutuhkan pengaturan posisi modul surya, karena *sun altitude* akan berubah setiap jam dalam sehari.

### 2.6 Kabel

Dalam sistem *grid connected* membutuhkan kabel penghubung, yaitu:[29]

#### 1. kabel DC

Kabel DC adalah kabel yang berada pada sistem DC pada PLTS. Kabel DC terdiri dari kabel *string*, kaber *Array* dan kabel inverter DC.

#### 2 Kabel AC

Kabel AC yang menyuplai *inverter* ke kWh meter menuju isolator AC *inverter*. Tegangan yang keluar dari inverter adalah 220V – 240V satu fasa. Sedangkan untuk sistem yang besar *inverter* yang digunakan adalah 380V AC tiga fasa.

#### 3 Kabel Penumbumian

Kabel yang digunakan untuk penumbumian adalah sama halnya dengan kabel yang digunakan untuk penumbumian instalasi bangunan.

#### 4 Kotak Persimpangan *Array*

*Array* terdiri dari sejumlah *string* paralel, maka kabel pada *array* akan saling berhubungan di sebuah kotak persimpangan (*junction box*). Terkadang disebut dengan *DC combiner box*. Sebuah kotak persimpangan umumnya juga terdapat di rumah untuk instalasi skring pada PLTS.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 5 Perangkat Pemutus

### a. Isolator DC pada PLTS

solator DC pada PLTS ialah sebuah alat yang sama jenisnya dengan *DC circuit breaker*. Alat ini digunakan sebagai saklar penghubung dan memutus. Namun, harus dipasang pada arus DC. Alat ini biasanya dipasang diantara PLTS dan *inverter*. Alat ini terbagi dua yaitu isolator yang memiliki polaritas dan isolator yang tidak memiliki polaritas.[34]

### b. Isolator AC pada PLTS

Peletakan isolasi saklar manual harus dipasang diantara *inverter* dan jaringan listrik. Ini di anjurkan untuk menempatkan bahwa sisi inverter yang terdapat perangkat metering PLTS.

## 2.7 Pompa Air

Pompa air adalah suatu alat yang di gunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ketempat yang lain dengan cara mengalirkan fluida. Kenaikan tekanan cairan tersebut dibutuhkan untuk untuk mengatasi hambatan-hambatan selama pengaliran. Suatu sumber umum mengenai terminologi,definisi, hokum dan standar pompa adalah hydraulic standard an telah di stujui oleh American nasional standar institute (ANSI) sebagai standar internasional.[35]

Prinsip kerja pompa adalah dengan melakukan penekanan pada penghisapan terhadap fluida pada sisi hisap pompa (*suction*), elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa.



Gambar 2.20 Gambaran Pompa [36]

## 2.7.1 Pemodelan Sistem Pompa Air Tenaga Surya

daya listrik dari sumber sel surya sangat bervariasi besarnya bergantung dari intensitas radiasi matahari secara umum tingkat radiasi matahari paling besar sekitar 1000 W/m<sup>2</sup> radiasi matahari bukan satu-satunya penentu dari besarnya daya listrik yang dihasilkan namun juga karakteristik dari kurva V-I seperti gambar juga menentukan besar daya. Apabila sel surya terkonasi dengan beban maka daya listrik dari sel surya tidak akan maksimal sesuai hukum grafik V-I sel surya, sehingga diperlukansuatu kontrol akan memaksa sel surya bekerja pada daerah yang optimal dan efisiensi sel surya maksimal. kontrol untuk untuk memaksimalkan efisiensi sel surya secaya umum dinamakan MPPT (*maximum power point tracking*).

Sumber PV-MPPT menghasilkan daya yang tidak tetap, berubahubah sepanjang waktu dan tidak dapat diprediksi. Sumber PV-MPPT menghasilkan tegangan DC. Bila sel surya dipasang secara langsung pada peralatan listrik, akan mengakibatkan peralatan tersebut tidak bekerja pada ratingnya, yang mana dapat menurunkan efisiensi dan bahkan merusak peralatan listrik tersebut. Pada tugas akhir ini daya PV-MPPT akan menyuplai peralatan listrik yaitu motor induksi 3 fasa, motor induksi akan dibebani dengan pompa air sentrifugal. Motor induksi membutuhkan sumber listrik ac tiga fasa, sehingga sebelum daya listrik dari sel surya sampai ke motor induksi harus diubah dulu menjadi sumber listrik tiga fasa. Pengontrolan motor induksi dilakukan pada inverter (mengubah dc ke ac). Kontrol yang dipakai yaitu optimum slip dengan teknik V/f konstan yaitu apabila tegangan sumber berubah maka akan mempengaruhi efisiensi dan sebaliknya, dengan nilai perbandingan yang tetap. Tujuan dari control V/f ini adalah untuk meningkatkan efisiensi motor induksi agar selalu optimum.[37]

### 2.7.1.1 Perancangan Dan Simulasi Sistem

Tahapan ini berupa perancangan sistem dan simulasi Pompa Air Tenaga Surya menggunakan simulasi terlebih dahulu. Mempelajari model sistem pompa air tenaga surya yang sudah ada di pasaran. Membuat model perancangan yang lebih optimal di bandingkan peralatan yang sudah ada di pasaran berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data sebelumnya. Baik itu mengenai modul PLTS, jenis dan spesifikasi pompa air yang digunakan, kebutuhan air rata-rata setiap hari dll. Kemudian diuji coba menggunakan simulasi.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada tahapan ini dibutuhkan peralatan dan bahan yang telah dirancang sebelumnya untuk membuat sistem PLTS dengan SPATS. Kemudian peralatan ini uji coba pada skala lab. Pemasangan dan Implementasi Apabila peralatan sistem PLTS dengan SPATS ini sudah teruji skala lab kemudian pada tahap ini dilakukan pemasangan dan Implementasi di daerah pengabdian. Perlu adanya penyuluhan berupa cara merangkai in- stalasi peralatan, cara kerja alat dan perawatan peralatan sistem SPATS.[37]

#### 2.7.1.2 Rancangan Dan Komponen Tenaga Surya



Gambar 2.21 Rancangan Dan Komponene [38]

##### a. Solar Arry

sel surya adalah menangkap energi dari sinar matahari, yang nantinya akan diubah menjadi tenaga listrik.[39]

##### b. Charge Controller

Beberapa fungsi dari solar controller adalah mengatur arus untuk pengisian ke batrai, menghindari overcharging dan overvoltage, mengatur arus yang dibebaskan atau ambil dari batrai agar batrai tidak full dan overloading beserta monitoring temperature batrai.[40]

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## © Hak cipta milik UIN Suska Riau

c. *Battrey*

Berfungsi untuk menyimpan energy listrik dalam bentuk energy kimia yang akan digunakan mensuplai dan menyediakan listrik ke sistem stater, sistem pengapian lampu dan komponen-komponen listrik lain nya.[41]

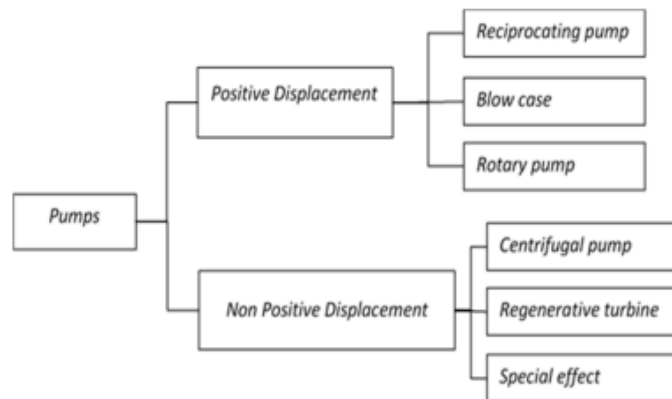
d. *Inverter*

Berfungsi sebagai converter daya listrik yang mampu mengomfersikan arus searah atau DC (direc curret) menjadi arus bolak balik atau AC (alternating curret)atau juga sebaliknya dengat efektifitas yang sama.[42]

### 2.7.2 Definisi Pompa

pompa adalah suatu mesin yang digunakan untuk menaikan cairan dan heat (elevasi, tekanan, kecepatan) yang rendah ke head yang lebih tinggi seperti ilustrasi. Pompa membutuhkan gaya putar (daya poros) dari mesin penggerak (motor, engine). Di dalam roda jalan (impeller) fluida mendapatkan percepatan sedemikian rupa sehingga fluida tersebut mempunyai kecepatan mengalir keluar sudu dari sudu-sudu roda jalan. Kecepatan keluar fluida ini selanjutnya akan berkurang dan berubah menjadi head statis di sudu-sudu pengarah atau rumash pompa

Klasifikasi pompa berdasarkan tipe di definisikan oleh hydraulic institute.



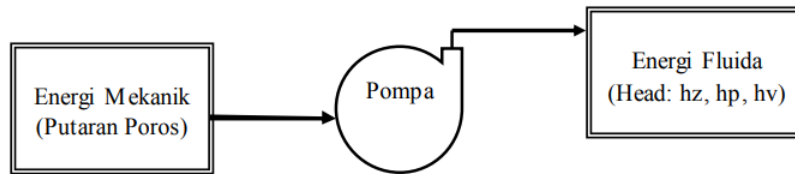
Gambar 2.22 Klasifikasi Pompa.[33]

### 2.7.3 Berinsip Kerja Pompa

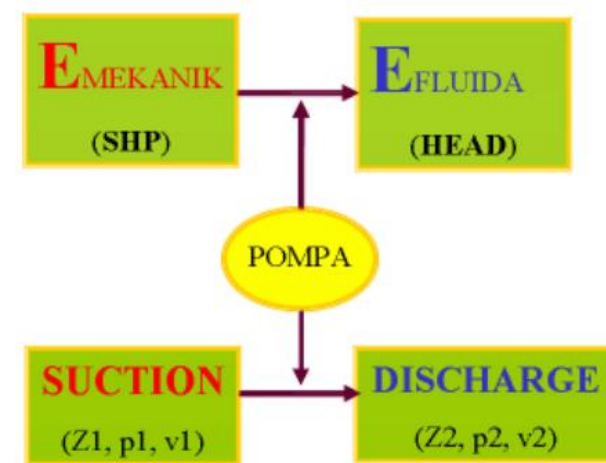
Jadi pompa dalam kerjanya akan mentransfer energi mekanis dari suatu sumber energi luar (prime mover) ke cairan yang mengalir melalui, sehingga cairan tersebut dapat mengalir seperti skema pada gambar di bawah [43]

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

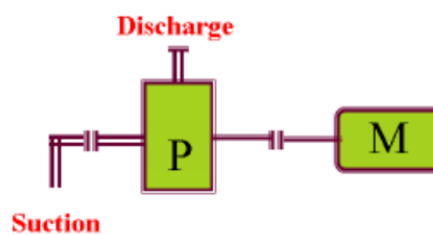


Gambar 2.23 Konversi Energi Pada Pompa [43]



Gambar 2.24 Transfortasi Energi Pada Pompa[43]

Jadi pompa adalah alat untuk menghisap dan menekan/mengalirkan fluida seperti skema pada gambar dibawah

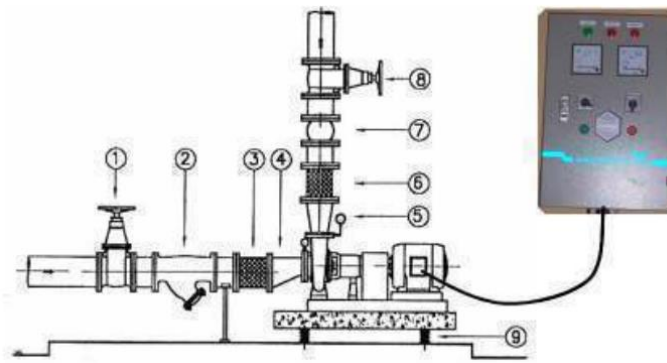


Gambar 2.25 Kerja Pompa[43]



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

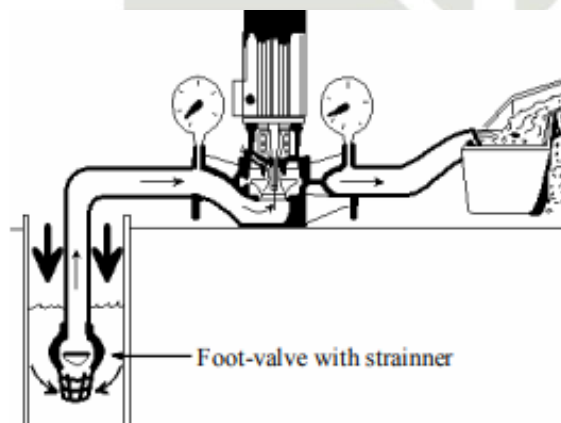
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.26 Instalasi System Pompa[43]

System instalasi pompa seperti pada gambar 2.32 dilengkapi dengan Perpipaan isap (suction) yang terdiri dari:

- a) **Stop-valve**, pada pompa yang didesain bekerja *positive-suction* valve/katup ini digunakan untuk menyetop aliran fluida ke pompa sewaktu-waktu dibutuhkan misalnya saat perbaikan pompa supaya air tidak meluber ke ruang/rumah pompa. Tetapi untuk pompa yang didesain bekerja *negative-suction* valve/katup ini tidak diperlukan dan sebaiknya tidak ada, namun untuk pompa yang didesain bekerja *negative-suction* justru *foot-valve*/klep dibutuhkan agar supaya fluida yang ada didalam pipa isap tidak kembali dan pipa isap tidak kosong sehingga saat menghidupkan pompa kembali tidak dibutuhkan pancingan fluida.



Gambar 2.27 Pompa Bekerja *Negative-Suction* [43]

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## © Hak cipta milik UIN Suska Riau

- b) **Strainer**, untuk mengamankan pompa dari pasir atau benda-benda asing yang mungkin terbawah oleh fluida
- c) **Flexible-joint**, dibutuhkan supaya getaran pompa tidak diteruskan ke system instalasi permipaan nya.
- d) **Inconcentric-reducer**, bagian datarnya harus diletakan dibagian atas agas supaya tideak ada udara terperangkap

### 2. Perpipaan tekan (*discharge*)

- a) **Concentric-diffuser**, pembesaran ini dibutuhkan untuk menurunkan kecepatan aliran fluida dalam pipa (berkisar 0,6-2,5 m/det) sehingga head losses yang terjadi terlalu besar.
- b) **Flexible-joint**, dibutuhkan supaya getaran pompa tidak diterus ke system instalasi perpipaan nya.
- c) **Check-valve**, untuk mencegah supaya pada saat pompa mati/distop aliran balik fluida tidak menghantam impeller pompa.
- d) **Stop-valve**, untuk mengatur operasi pompa dan menutup aliran fluida saat maintenen pompa.
- e) **Pressure-gauge/manometer**, untuk mengetahui tekanan operasi pompa.

### 3. Panel pompa

Operasi pompa diatur oleh panel pompa. Jenis panel pompa sangat tergantung dari besar kecilnya pompa dan kompleksi sistem pengaturannya, jenis jenisnya antara lain:

#### DOL (direct on line )

$$I_s = (4-8) \text{ in } T_s = (0,5-1,5) \text{ tn}$$

Lonjakan I & T tinggi & penurunan tangga

Sederhana, untuk daya motor rendah

#### Star-Delta

$$I_s = (2-4) \text{ In } T_s = (0,3 - 0,75) \text{ Tn}$$

Lonjakan I & T tinggi

Daya motor rendah s/d menengah

#### Auto transformer

$$I_s = (1,7 - 4) \text{ In } T_s = (0,6 - 0,85) \text{ Tn}$$

Lonjakan I & T tinggi & penurunan tegangan besar

Kompleks, untuk daya motor besar

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### Soft-Start dan/atau Soft-Stop

Star & stop aman & terkendali & halus  
 Proteksi thermal, overload & underload  
 Tidak terjadi lonjakan I & T penurunan tegangan  
 Kompleks & investasi tinggi  
 Menghilang water hammer  
 Optimasi catu daya

### Variable speed/ inverter

Sama dengan soft starter ditambah kemampuan merubah putaran

$$\begin{aligned} \text{Flow} &: Q_1/Q_2 = n_1/n_2 \\ \text{Head} &: H_1/H_2 = (n_1)^2/(n_2)^2 \\ \text{Power} &: P_1/p_2 = (n_1)^3/(n_2)^3 \end{aligned}$$

### 2.7.4 Pemakaian Pompa

Pemakaian pompa sangat luas, antara lain:

1. Suplai air bersih (domestic), yaitu untuk pelayanan pada rumah-rumah, kebun dan kebutuhan lainnya
2. Sistem pelayanan pemanas dan air panas, yaitu untuk mensirkulasi air panas sistem pemanas dan mensirkulasi pelayanan air panas
3. Sistem pendingin dan AC yaitu untuk mensirkulasi air pendingin dan cairan lainnya dalam sistem pendingin dan AC
4. Aplikasi pada industri yaitu mengalirkan air pelumas dan cairan lainnya pada sistem industry dan proses
5. Penguat tekanan (pressure boosting) dan transfer cairan yaitu untuk mengalirkan cairan dan penguat (*booster*) tekanan pada sistem distribusi air.
6. Suplai air bawah tanah seperti pompa surmersible (deep well pump) banyak digunakan untuk suplai air bawah tanah dan irigasi.
7. Sistem air kotor (sewerage) dan air bunga (drainage) yaitu pemakaian pada bangunan-bangunan untuk mengalirkan air kotor/ atau air buang.
8. Pompa dosing (injeksi zat kimia) yaitu untuk sistem pengolahan air kotor, kolam renang dan industri.



## 2.7.5 Pompa Senrifugal (Sentrifugal Pump )

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari tekanan rendah ke tekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau *suction* dan tekanan dari motor dan pompa sentrifugal.

Pada prinsipnya, pompa mengubah energy mekanis motor menjadi energy aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahapan-tahapan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Pompa sentrifugal memiliki sebuah impeller (baling-baling ) yang bertujuan untuk mengalirkan zat cair dari suatu tempat ketempat yang lain dengan cara mengubah energi zat cair yang dikandung menjadi lebih besar. Pompa digerakan oleh motor. Daya dari motor diberikan pada poros pompa untuk memutar impeller yang dipasangkan pada poros tersebut, karena pompa digerakan pada motor listrik (motor penggerak) sehingga daya guna kerja pompa adalah perbandingan antara gaya mekanis yang diberikan motor pada pompa. Akibat putaran pada impeller yang menimbulkan gaya sentrifugal, maka zat cair akan mengalir dari tengah impeller keluar lewat saluran diantara sudut-sudut dan meninggalkan impeller dengan kecepatan yang tinggi.[36]



Gambar 2.28 motor dan pompa sentrifugal[44]

Zat cair keluar dari dari impelert dengan kecepatan tinggi kemudian melalui saluran yang penampangnya semakin membesar yanf disebut *volute* sehingga akan terjadi perubahan dari *head* kecepatan menjadi *head* tekanan. Jadi zat cair yang keluar dari flens keluar pompa *head* totalnya bertambah besar. Sedangkan peruses pengisapan terjadi

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

karena setelah zat cair dilemparkan oleh impeller, ruang diantara sudut-sudut menjadi vakum sehingga zat cair akan terisap masuk.

Selisih energi persatuan berat atau head total dari zat cair pada flens keluar dan flens masuk disebut sebagai head total pompa. Sehingga dapat dikatakan bahwa pompa sentrifugal berfungsi 24 mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi ini mengakibatkan pertambahan head kecepatan, head tekanan dan head potensial secara kontinyu.

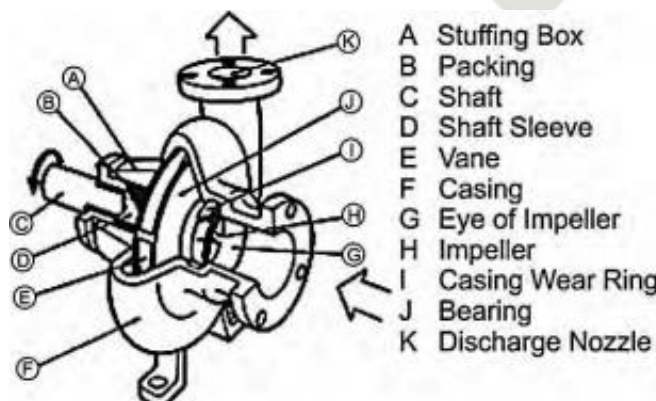
### 2.7.5.1 Komponen-Komponen Utama Pompa

Gambaran pada pompa sentrifugal tampak dari bagian luar



Gambar 2.29 Rumah Pompa Sentrifugal dari luar [18]

Dalam pengoperasian pompa sentrifugal ada beberapa bagian yang perlu diperhatikan agar pompa dapat bekerja dengan baik dan dapat bertahan lama. Adapun bagian-bagian utama pompa sentrifugal tersebut.



Gambar 2.30 Rumah Pompa Sentrifugal[36]

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

#### a) *Stuffing Box (Mechanical Seal)*

*Stuffing Box* berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah pada poros pompa menembis casing

#### b) *Packing*

*Packing* digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros. *Packing* terbuat dari asbes atau Teflon.

#### c) *Shaft (poros)*

Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeller dan bagian-bagian berputar lainnya.

#### d) *Shaft-sleeve*

*Shaft sleeve* berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada stuffing box. Pada pompa multi stage dapat sebagai leakage joint, internal bearing dan interstage atau distance sleever.

#### e) *Vane*

*Vane* impeller berfungsi sebagai tempat berlalunya cairan pada impeller

#### f) *Casing*

Casing merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan diffusor (guide vane), inlet dan outlet nozel serta tempat memberikan arah aliran dari impeller dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (single stage).

#### g) *Eye of Impeller*

Bagian sisi masuk pada arah isap impeller.

#### h) *Impeller*

Impeller berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.

Impeller adalah bagian penting pompa sentrifugal, didalam terjadi perubahan energi mekanis berupa putaran menjadi kecepatan, aliran impeller akan diputar oleh motor penggerak pompa, menyebabkan aliran akan berputar dan gerakan aliran akan mengikuti impeller dan keluar dengan kecepatan yang besar. Pada impeller juga terjadi head atau tekanan dan kecepatan aliran akan bertambah besar



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

### i) Wearing Ring

Wearing ring berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan impeller maupun bagian belakang impeller, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan impeller.

### j) Bearing

Bearing (bantalan) berfungsi untuk menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban axial. Bearing juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.

### k) Discharge Nozzle

Discharge nozzle adalah saluran cairan keluar dari pompa dan berfungsi juga untuk meningkatkan energi tekanan keluar pompa.[44]

Pompa sentrifugal merupakan pompa *non positive displacement* yang menggunakan gaya sentrifugal untuk menghasilkan head memindahkan cairan.



Gambar 2.31 Pompa Sentrifugal[33]

Sifat sentrifugal ini konstruksi yang membuat aliran fluida yang keluar dari impeller akan melalui sebuah bidang tegak lurus poros pompa.

## 2.7.6 Sifat Aliran Fluida Pada Pipa

### 2.7.6.1 Aliran Laminar

Aliran fluida jenis ini akan terjadi apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, maka gerakan aliran akan konstan (steady) baik besarnya maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran laminar dapat diketahui perhitungan *Reynold number*. [33]

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$Re = \frac{p.V.D}{\mu} \quad (2.11)$$

Di mana:

$P$  = density fluida ( $\frac{kg}{m^3}$ )

$V$  = kecepatan aliran fluida ( $\frac{m}{s}$ )

$D$  = diameter dalam pipa (  $M$  )

$\mu$  = viskositas dinamik( $\frac{kg}{ms^3}$ )

$\nu$  = viskositas kinematik ( $\frac{m^2}{s}$ )

## 2.7.6.2 Aliran Turbulen

Aliran ini terjadi apabila kecepatan fluida tinggi, aliran tidak lagi *steady* namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran akan bersifat turbulent jika hasil perhitungan *Reynold Number* ( $Re$ ) diatas 4000 ( $Re > 4000$ , aliran turbulen).

### 2.7.6.3 Head Instalasi

*Head* pompa adalah energi per satuan berat fluida yang diberikan oleh pompa sehingga fluida tersebut dapat mengalir dari suction ke discharge. *Head* pompa disini meliputi:[28]

a. Head Statis. Head Statis Meliputi :

1. *Pressure Head*: Merupakan energi yang terdapat pada fluida akibat perbedaan tekanan antara suction reservoir dengan discharge reservoir.
2. *Elevation Head*: Merupakan head yang disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian dari permukaan fluida di suction reservoir dengan permukaan fluida di discharge reservoir dengan sumbu pompa sebagai acuannya. Ada dua macam instalasi pada pipa suction, yaitu: *Suction Head*. Suatu instalasi pipa *suction* dimana permukaan fluida terletak diatas sumbu pompa. Bersarnya *elevation head* adalah:

$$H_a = H_d - H_s \quad (2.12)$$

dimana :

$H_d$  = head discharge(m)

$H_s$  = head suction (m)

b. *Head* Dinamis merupakan head pompa yang terdiri dari:

1) *Velocity Head*

Merupakan head yang disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan fluida di suction reservoir dengan di discharge reservoir.

2) *Head Loss*

*Head Loss* adalah satu kerugian aliran yang terjadi sepanjang saluran pipa, baik itu pipa lurus, belokan, saringan, katup dan sebagainya.

#### 2.7.6.4 Kavitasi

Kavitasi adalah gejala menguap nya zat cair yang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai dibawah tekanan uap jenuhnya sehingga akan timbul gelembung gelembung uap zat cair. Jika pompa dijalankan terus-menerus dalam keadaan kavitasi, akan menyebabkan kerusakan terhadap area impeler, sehingga pada akhirnya terjadi erosi.

Turunnya performance, timbulnya suara dan getaran, serta rusaknya pompa merupakan kerugian-kerugian dari timbulnya kavitasi.[33]

#### 2.7.6.5 Kapasitas Aliran Air

Jumlah air yang mengalir dalam satuan volume perwaktu. Besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/s$ ). Dalam penggunaan setiap hari, konsumsi standar perjam untuk perencanaan dapat dihitung dari konsumsi harian maksimum perorang dibagi 24 (jam/hari) dan ditambah 50%. Harga tersebut diperlukan untuk menentukan distribusi air standar.[33]

### 2.8 Perancangan Sistem PLTS Grid-Connected

Dalam perancangan ada beberapa kriteria penentuan desain pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan standar yang digunakan dalam perancangan pembangkit listrik tenaga surya. Ada beberapa tahap yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:[39]

#### 2.8.1 Menentukan Penggunaan Standar



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dalam perancangan sistem PV Grid-Connected merujuk pada panduan dari *international Electrontechnical commission* (IEC) yang membahas standar semua teknologi elektrik atau teknologi terkait lainnya. Standar IEC meliputi berbagai teknologi mulai dari pembangkitan, transmisi, distribusi listrik dan hal terkait lainnya. IEC juga mengelolah skema penilaian kesesuaian suatu perangkat, sistem atau komponen sesuai dengan standar internasional. Selain itu, IEC menerbitkan standar bersama IEEE (*Institute Of Electrical And Electronics Engineers*) dan mengembangkan standar bersama ISO (*International Organization For Standardization*) dan ITU (*International Telemucation Union*).[44]

Pada penelitian ini pengguna Draft IEC di gunakan pada penentuan drop tegangan, sistem proteksi, penggunaan kabel dan penentuan tegangan maksimum dari sistem agar dapat disesuaikan dengan standar internasional.

### 2.8.2 Penilaian Lokasi PLTS

Karakterisasi situs dan penelitian sebuah karakterisasi situs rinci memberikan informasi yang diperlukan untuk desain sistem PLTS. Bagian utama dari penilaian situs adalah untuk mengkarakterisasi kondisi fisik lokasi PLTS: menentukan lintang, bujur, ketinggian, orientasi atap, denah atap menunjukan atap yang digunakan untuk isolasi PLTS, menghitung total luas kemiringan dan metode pemasangan.

### 2.8.3 Penilaian Radiasi Matahari

Ada dua sumber utama untuk radiasi matahari di permukaan bumi yaitu pengukuran secara langsung dan perhitungan data berdasarkan satelit. Radiasi matahari adalah jumlah keseluruhan dari energi matahari yang diterima pada lokasi tertentu, biasanya dalam satuan  $Kwh/m^2/hari$ . Data isolasi matahari lebih digunakan untk merancang sistem PLTS. Perhitungan radiasi matahari berdasarkan perhitungan secara global atau langsung diambil selama siang hari. Perhitungan biasanya menggunakan *pyranometer* atau *pyrheliometer*. Di beberapa lokasi data ini dikumpulkan lebih dari 25 tahun.

Dalam perhitungan berdasarkan data satelit yang terdapat pada *meteorological database*, termasuk *database online* yang memiliki informasi tentang radiasi matahari ini. Diantaranya adalah *Photovoltaic Geographical system* (PVGIS) dan database dari *surface meteorological and solar energy* (SMSE) dari NASA

### 2.8.4 Analisa Shading

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sangat penting untuk memahami bayangan (*shading*) pada atap, terutama di daerah perkotaan dimana bangunan sekitarnya dan struktur dapat menghasilkan bayangan di atas atap. Bahkan sebagian kecil dari bayangan (*shading*) pada PLTS dapat secara signifikan mengurangi output energi yang dihasilkan. Idealnya, semua bagian atap harus tidak terdapat bayangan selama minimal 6 jam sehari antara itu 09:00-03:00. Analisis shading harus dilakukan untuk semua jam sinar matahari sepanjang tahun. Hal ini membantu dalam pemilihan lokasi terbaik untuk memasang modul surya dan memberikan estimasi yang lebih akurat dari output tahunan dari sistem PLTS.'

### 2.8.5 Pemilihan Modul Surya

Ada tiga jenis utama dari modul surya PV yang tersedia di pasar komersial yaitu monocrystalline, polycrystalline dan Thin film. Pemilihan modul surya sangat penting dalam menentukan design sistem, pemilihan modul surya ditentukan berdasarkan efisiensi modul, area modul dan biaya.

### 2.8.6 Sistem Pemasangan (*Mounting System*)

Dua jenis utama dari sistem pemasangan PLTS yang digunakan yaitu sistem pemasangan di atap dan di tanah. Pada penelitian ini pemasangan yang digunakan di atap atas pompa air.

### 2.8.7 Pemilihan Inverter

Pemilihan inverter berkaitan dengan kapasitas modul yang terpasang. inverter mengubah listrik DC dari PV array surya untuk listrik AC dengan memaksimalkan output PLTS. Ada tiga jenis inverter surya umum digunakan *True Sine Wave Inverter*, *Square Wave Inverter*, dan *Grid Tie Inverter* (GTI).

## 2.9 Hasil Produksi Energi Sistem PLTS

Energi listrik yang dihasilkan dari sistem PLTS ditentukan oleh beberapa faktor utama yaitu ukuran PV array, radiasi matahari dan efisiensi sistem pada PLTS

### 2.9.1 Menentukan Output Dari PLTS ke *Grid-connected*

Dalam perancangan sistem PLTS penting untuk dapat memperkirakan hasil energi dari sistem itu. Energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS tergantung pada sejumlah faktor, yaitu ukuran PLTS, Jumlah iradiasi yang diterima dan total efisiensi sistem. *Output* energi rata-rata dari array PV dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$E_{\text{array}} = P_{\text{stc}} \times f_{\text{man}} \times f_{\text{temp}} \times f_{\text{dirt}} \times H_{\text{tilt}} \times N \quad (2.13)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dimana:

- $E_{array}$  = Rata-rata keluaran energi harian dari array PV (Wh)  
 $P_{stc}$  = Output daya dinilai modul STC (W)  
 $f_{temp}$  = Faktor Pengurangan Suhu, berdimensi  
 $f_{man}$  = De-rating faktor untuk pembuatan toleransi  
 $f_{dirt}$  = De-rating faktor untuk kotoran  
 $H_{tilt}$  = Iradiasi, di jam matahari puncak untuk orientasi tertentu dan sudut kemiringan. (1 PSH = 1 kWh / m<sup>2</sup>)  
 $N$  = Jumlah modul dalam array

### 2.9.2 Rasio Kinerja

Rasio kinerja (PR) didefinisikan sebagai rasio dari jumlah sebenarnya energi PV dikirim ke jaringan utilitas dalam jangka waktu tertentu dengan jumlah teoritis energi yang dihasilkan oleh modul PV di bawah kondisi uji standar (STC)

$$\text{Rasio performa} = \frac{\text{Hasil produksi energi}}{\text{Produksi energi teoritis}} \quad (2.14)$$

### 2.9.3 Faktor Kapasitas (Capacity Factor)

Faktor kapasitas / Capacity Faktor Pembangkit listrik adalah rasio output aktual dari pembangkit listrik Capacity factor selama periode waktu dan output potensial jika telah beroperasi pada kapasitas penuh sepanjang waktu. Secara matematis, faktor kapasitas adalah jumlah total energi pabrik yang dihasilkan selama periode waktu dibagi dengan jumlah energi PLTS akan menghasilkan pada kapasitas penuh. Faktor kapasitas sangat bervariasi tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan dan desain pabrik. Hal ini juga menyediakan alat untuk perbandingan kinerja dari berbagai jenis pembangkit listrik.

$$\text{Capacity factor} = \frac{\text{Hasil produksi energi}}{\text{kapasitas PV} \times \frac{365 \text{ day}}{\text{year}} \times 24 \text{ h/day}} \quad (2.15)$$

### 2.9.4 Feed in tariff (FiT)

Feed in Tariff adalah harga jual listrik dari pembangkit non PLN (rumah tangga atau swasta kepada PLN). Terdapat dua perbedaan pada FiT, yaitu:



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

1. *Gross FiT*: seluruh listrik yang dihasilkan, terlepas apakah digunakan oleh pelanggan atau di ekspor
2. *Net FiT*: Tarif ini digunakan hanya untuk listrik yang di ekspor kepada PLN.

Menghitung biaya listrik pertahun tergantung pada harga listrik yang diterapkan saat ini. Karena jika perkiraan harga listrik meningkat, sistem periode uang kembali juga semakin berkurang.

Harga jual listrik telah ditetapkan oleh PLN, tertuang pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesai Nomor 17 tahun 2013 tentang Pembelian Tenaga Listrik oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Fotovoltaic* pada Bab II pasal 3 yang berbunyi:

“Pembelian tenaga listrik dari PLTS Fotovoltaik sebagaimana dimaksudkan dalam pasal 2 untuk semua kapasitas terpasang ditetapkan dengan harga patokan tertinggi sebesar US\$ 25 sen/kWh (dua puluh lima sen dolar Amerika serikat per II-42 kilo *watt hour*) = 3.271 rupiah”. Namun, tarif yang tersebut diatas adalah tarif untuk pemasangan PLTS *off-grid* atau skala besar. Penggunaan sistem solar panel yang tersambung dengan jaringan PLN menggunakan konsep Net Metering. Di Indonesia, penggunaan Net Mering terdapat dalam dalam peraturan 0733.K/DIR/2013 yang mewajibkan PLN untuk mengkreditkan energi yang dihasilkan oleh tenaga surya ke rekening pelanggan.\

## 2.10 Analisa Ekonomi

Analisis ekonomi kelayakan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai energi penggerak pompa minyak Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dilakukan dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC), *Net Present Value* (NPV) dan *Payback Periode* (PBP).

### 2.10.1 Life Cycle Cost (LCC)

Pada dasarnya LCC menghitung total biaya yang dikeluarkan selama umur investasi yang telah ditentukan, mulai dari biaya investasi awal, biaya operasional (operational cost) dan biaya perawatan (maintenance cost). Biaya yang akan dihitung adalah biaya investasi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), penggunaan listrik PLN dan investasi mesin diesel (termasuk penggunaan bahan bakar dalam setahun).

#### 2.10.1.1 Biaya Awal Inverter

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Biaya investasi awal adalah biaya yang dikeluarkan untuk membangun sebuah sistem hingga siap digunakan. Biaya ini biasanya dikeluarkan diawal-awal pembangunan dalam jumlah yang relatif besar dan berdampak jangka panjang. Salah satu contoh investasi awal adalah biaya keseluruhan bahan baku sistem, biaya pekerja, dan lain-lain

### 2.10.1.2 Biaya Operasional

Biaya operasional (operational cost) adalah biaya yang dikeluarkan setelah sistem sudah siap digunakan. Biaya ini biasanya dikeluarkan secara rutin atau periodik waktu tertentu dalam jumlah yang relatif sama.

#### 2.10.2 Cash Flow

Pemilikan dan pengoperasian sebuah peralatan akan menimbulkan penerimaan-penerimaan (pendapatan) dan pengeluaran (pengeluaran). Pendapatan disebut dengan cash flow benefit dan biaya-biaya atau pengeluaran disebut dengan cash flow cost

##### 1. Cash Flow benefit CFB

CFC didapatkan dari pelayanan-pelayanan yang disumbangkan peralatan selama umur pelayanannya dan dari penjualannya pada akhir umur pelayanannya.

Menghitung nilai CFB dengan rumus berikut:

$$CFB = \sum_{t=0}^n (1 + 0,08) \quad (2.16)$$

##### 2. Cash flow cost (CFC)

CFC adalah biaya-biaya yang timbul, ada yang terjadi hanya sekali atau tidak berulang (nonrecurring) selama umur peralatan dan ada yang berulang selama umurnya untuk mengoperasikan dan memeliharanya. Menghitung nilai CFC dapat menggunakan rumus berikut:

$$CFC = \sum_{t=0}^n \text{investasi} - PWF \quad (2.17)$$

### 2.10.3 Net Present Value (NPV)

NPV adalah metode yang digunakan untuk menghitung nilai bersih pada waktu sekarang. Perhitungan dengan metode ini terdiri dari Cash Flow Benefit (CFB) dan Cash Flow Cost (CFC). Menentukan NPV menggunakan rumus berikut

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$NPV = \sum_{t=0}^n CFB - CFC \quad n \quad t=0 \quad (2.18)$$

#### 2.10.4 Payback Periode (PBP)

PBP dapat juga disebut dengan metode pengembalian sederhana merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menghitung ekonomi dari PLTS on-grid. Rumus yang digunakan adalah

$$T = \frac{C}{s} \quad (2.24)$$

Dimana :

T = priode dana kembali, selama 1 tahun

C = biaya modal awal bersih PLTS ( biaya sistem dan kredit telah dikurangi)



## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Dalam penyusunan tugas akhir ini penelitian yang akan dilaksanakan bersifat kuantitatif. Aspek kuantitatif ini terlihat dari radiasi sinar matahari di Indragiri hilir, kondisi bor air, kedalaman, mesin yang digunakan, daya mesin dan biaya pembuatan bor air. data – data yang sudah diambil setelah turun langsung ke lokasi tersebut yang akan digunakan sebagai acuan dalam perancangan sistem PATS sebagai penggerak pompa air di kelurahan metro RT 1 tersebut.

Setelah mendapatkan data-data yang dibutuhkan kemudian merancang sistem PATS yang akan diusulkan selanjutnya adalah menghitung biaya-biaya keseluruhan dari pembangunan sistem PATS yang dibangun. Dimana sebelumnya adalah melakukan perhitungan biaya penggunaan listrik di kelurahan metro tersebut. Adapun dalam analisa dan aspek ekonomi untuk menghitung sistem yang lebih hemat dan konpetitif untuk jangka waktu yang lama.

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada di Indragiri hilir, kecamatan reteh, kelurahan metro RT 1 dengan beberapa alasan :

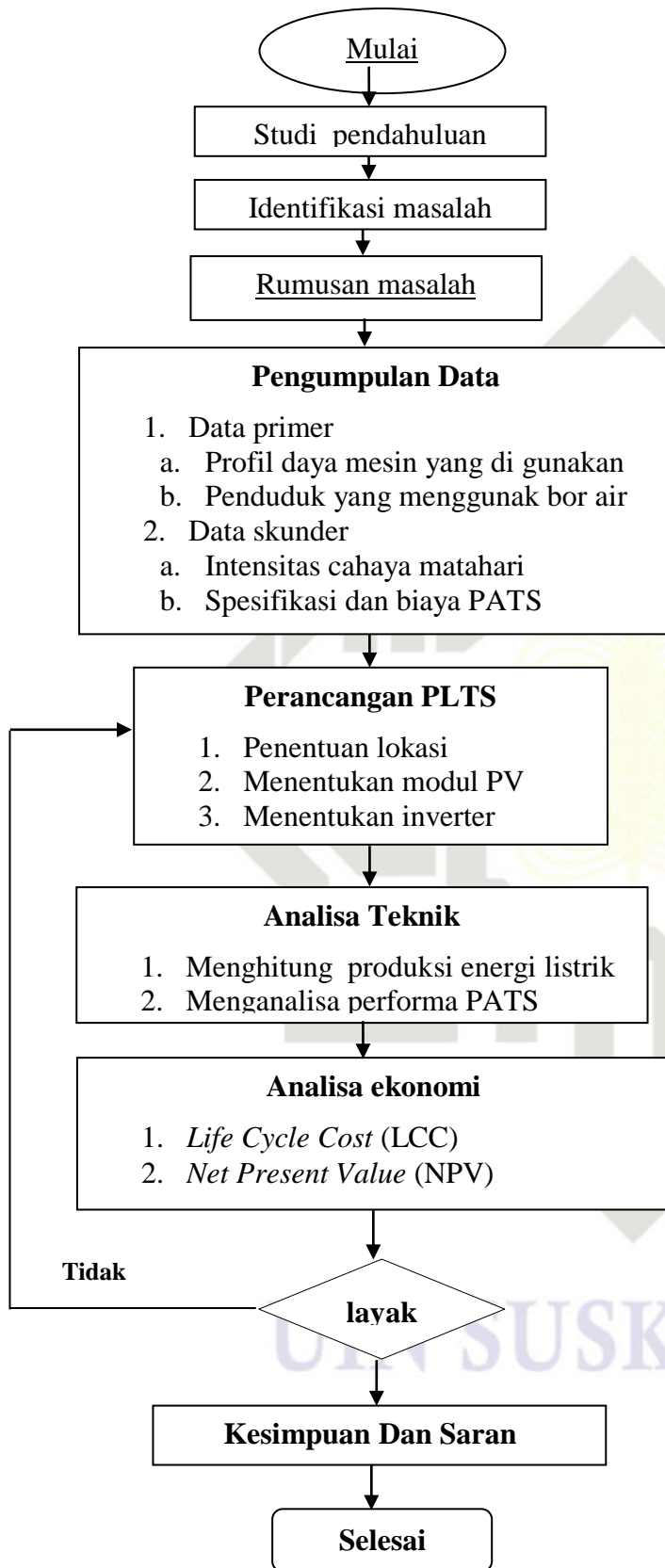
1. Kebutuhan air yang sangat tinggi
2. Mesin air sering tidak berfungsi dikarenakan kurang nya arus listrik

#### 3.3 Tahap Penelitian

Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini terlihat pada gambar 3.1 flowchart terhadap penelitian di bawah ini :

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



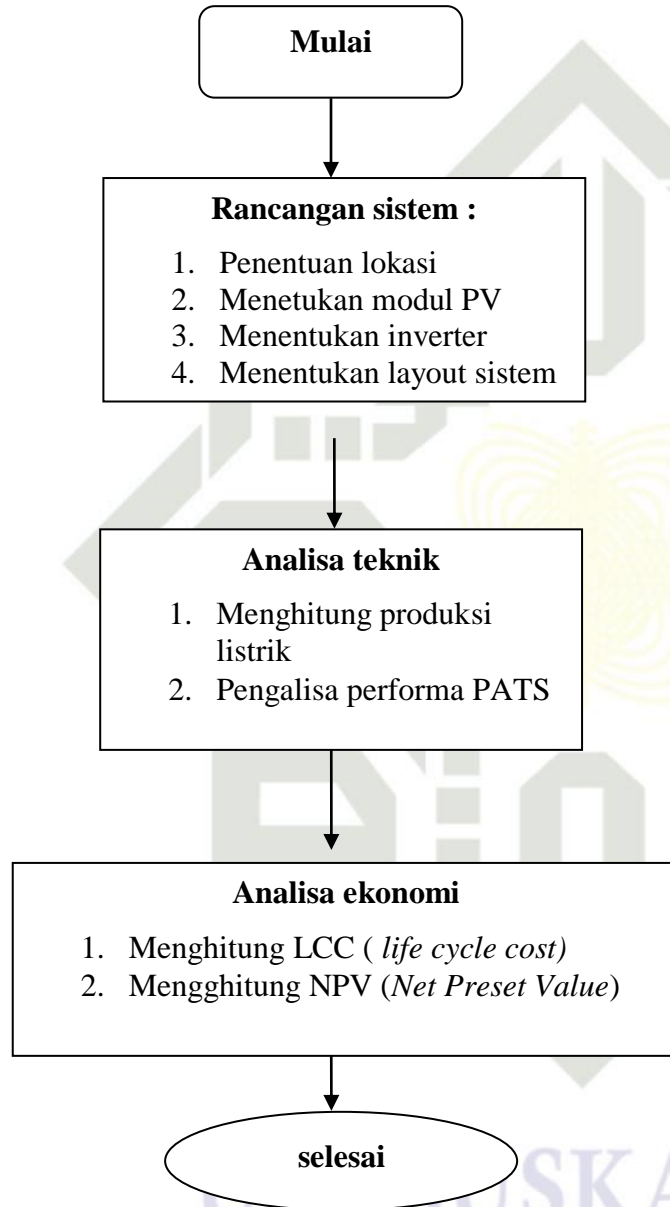
#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 3.1 Flowcart Tahapan Penelitian

Sesuai dengan gambar 3.1 alur perancangan sistem PATS akan dijelaskan melalui

Gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.2 Alur Perancangan PATS



#### 3.4 Studi Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan pendahuluan sebagai tahapan untuk melihat serta mengidentifikasi bagian - bagian yang akan diteliti. Hal ini bertujuan untuk mempermudah penelitian dalam menemukan permasalahan yang ada pada saat melakukan penelitian. Data- data yang diambil dalam studi pendahuluan berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan langsung di kelurahan metro RT 1. Adapun ringkasan yang didapat dalam studi pendahuluan adalah sebagai berikut :

- a. Terdapat 3 bor air di kelurahan metro RT 1
  1. TR 01 memiliki 3 bor air
- b. Biaya pembuatan bor air berkisar 13- 15 juta setiap pembuatan 1 bor air
- c. Mesin yang di gunakan untuk mengambil air yaitu sanyo berkapasitas 220 V-50HZ daya keluaran mencapai 125 wat yang memiliki masukan mencapai 1,55 amper.
- d. Kedalaman bor air tersebut berkisar antara 180 sampai 200 meter.

#### 3.5 Identifikasi Masalah

Berdasarkan srudi pendahuluan yang telah dilakukan maka dapat diidentifikasi bahwa permasalahan yang terdapat pada kelurahan metro yaitu sering terjadi pemadaman listrik sehingga mesin pompa ait tidak dapat berfungsi

#### 3.6 Rumusan Masalah

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan serta didasarkan atas teori yang di peroleh dari studi literatur maka dilakukan rumusan masalah terdapat masalah dan akan di analisa. Pada penelitian ini rumusan masalah adalah bagaimana rancangan sistem PATS sebagai energi penggerak pada pompa air yang ada pada kelurahan metro, R 1 yang hemat dan konpotif dalam dalam waktu yang lama untuk memenuhi kebutuhan daya pompa air berdasarkan potensi yang ada.

#### 3.7 Tujuan Penelitian

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Hak Cipta Ditamlik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tujuan sangat perlu ditetapkan dalam melakukan sebuah penelitian agar penelitian tersebut fokus pada tujuan yang diinginkan. Pada penelitian ini tujuan yang ditetapkan untuk mendapatkan solusi dari perancangan sistem PATS dalam memenuhi kebutuhan daya pompa air dan menganalisa segi aspek ekonomi sistem PATS yang telah dirancang.

### 3.8 Pengumpulan Data

Beberapa nilai yang diperlukan untuk masukan pada penelitian diantaranya:

#### 3.8.1 Spesifikasi Sel Pv

Spesifikasi sel PV berguna untuk mendapatkan potensi energi listrik karena setiap sel PV mempunyai material bahan yang berbeda dan mempengaruhi efisiensi kerja sel PV. Dalam penelitian ini sel PV yang digunakan adalah sel PV semitransparan dikarenakan pemodelan yang dilakukan berada pada fasa bangunan. Sel PV semitransparent menggunakan material Silicon Amorphous dengan spesifikasi dapat dilihat pada tabel.

Tabel 3.1 Data spesifikasi panel surya *polly-crystalin* 300 wp .[28]

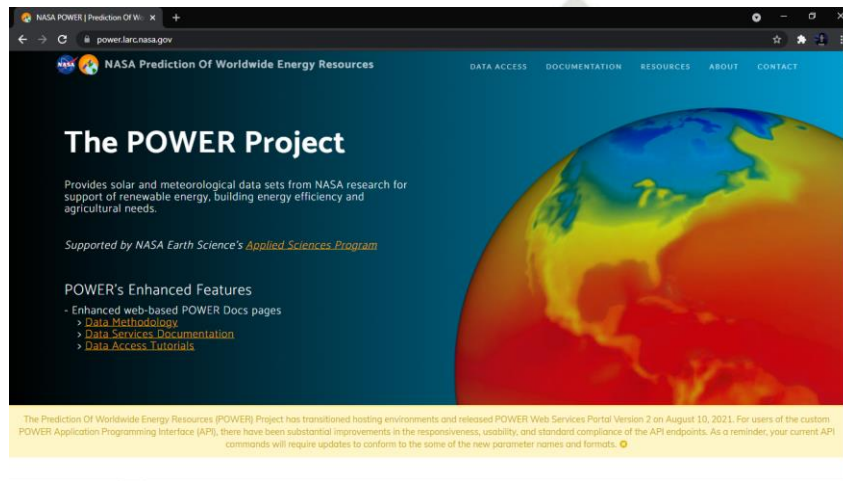
Karakteristik	Unit	Kapasitas
Maximum Power (Pmax)	W	300
Cell efficiency	%	17.04
Power Tolerance	%	+3
Maximum Power Voltage (Vmp)	V	35,8
Maximum Power Current (Imp)	A	8,36
Open Circuit Voltage (Voc)	V	45,8
Open Circuit Current (Isc)	A	9.05
Weight	Kg	24
Dimension of module	Mm	1956x992x40
Pmax Temperture Coefficient	%/C	-0,44
Voc Temperature Coefficient	%/C	-0,30
Isc Temperature Coefficient	%/C	-0,05
Maximum system voltage	VDC	1000(TUV);600(UL)
Maximum series fuse rating	A	15
Operating temperature	C	-40 ~ +85
NOCT	C	45±2

#### 3.8.2 Intensitas Radiasi Matahari

## Hak Cipta Ditangguhkan Undang-Undang

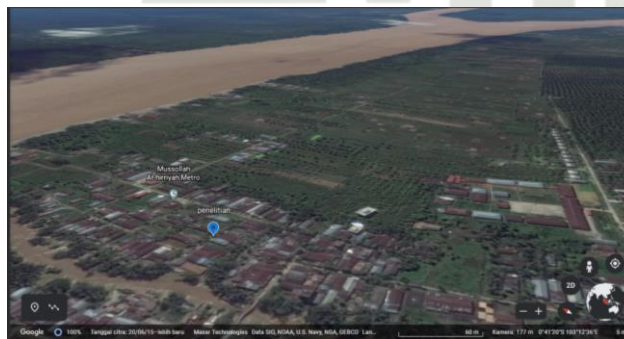
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai masukan dari data skunder berupa radiasi matahari daerah kota Indragiri hilir, pulau kijing Riau yang didapatkan dari situs resmi <https://power.larc.nasa.gov> Intensitas radiasi matahari diperlukan untuk menghitung daya yang dihasilkan dari cell photovoltaic dalam watt peak.



Gambar 3.3 Penampilan awal situs PV watt calculator.[42]

Pada halaman utama kita dapat mengisi lokasi yang ingin kita ambil data radisinya dengan memasukkan titik koordinat lokasi

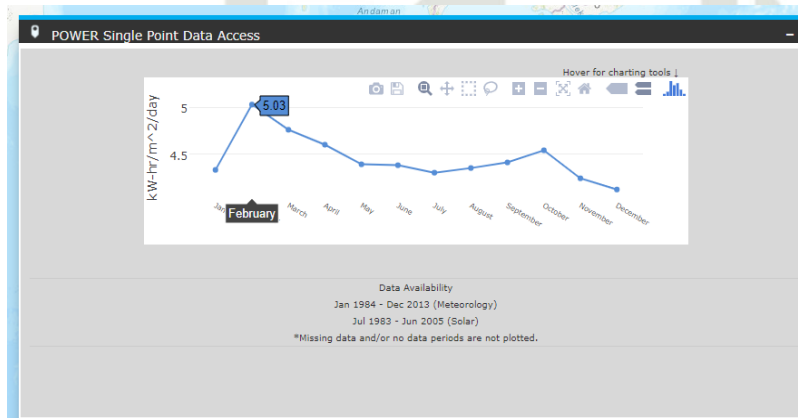


Gambar 3.4 Peta Indragiri hilir, pulau kijing Dalam Situs <https://earth.google.com/>. [42]

Pada gambar diatas terlihat dalam bentuk peta wilayah Indragiri hilir, pulau kijing Riau pada situs <https://earth.google.com> Selanjutnya kita akan memasukkan data dalam sistem



Informasi seperti gambar dibawah. Yang perlu kita masukan adalah titik kemiringan (deg) pada kemiringan 900 , hal ini karena penelitian sel PV diterapkan pada fasad bangunan agar sehingga sel PV mengikuti fasad bangunan dengan kemiringan 900 . Masukan lainnya adalah azimuth (deg) dimana pada penelitin ini membutuhkan data radiasi matahari dengan orientasi utara, timur, selatan dan barat. Maka kita perlu mengubah Azimuth dengan titik 00 (arah utara), 900 (arah timur), 1800 (arah selatan) dan 2700 (arah barat). Setelah memasukan data tersebut kemudian kita tekan Go to PVWatts result. Selanjutnya situs akan masuk ke halaman hasil Results dengan menampilkan data radiasi matahari daerah Indragiri hilir, pulau kijing Riau sebagai berikut:



Gambar 3.5 Data Radiasi Matahari Untuk.[42]

### 3.9 Analisa Teknis

Setelah dilakukan rancangan penelitian menghitung produksi energi PLTS sesuai dengan potensi radiasi dan efisiensi yang ada pada sistem yang dirancang, aspek teknis pada penelitian ini adalah menghitung performa kerja PLTS dalam penelitian komponen seperti pemilihan modul, inverter, dan kapasitas batrai yang di gunakan.

### 3.10 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi untuk melihat perbandingan ekonomi antara biaya listrik PLN dengan pembangunan PLTS pada pompa air skala desa di Indragiri hilir, kelurahan metro, RT 1. Tujuannya adalah mana yang lebih terbaik dilihat dari aspek ekonomi.

### 3.10.1 *Life cycle cost (LCC)*

Dalam memberikan investasi terhadap sebuah sistem sangat penting untuk tidak hanya memperhitungkan biaya investasi awal saja, akan tetapi juga harus menghitung life cycle cost (LCC) dalam sistem tersebut LCC dari suatu sistem dapat diartikan dari sebagai jumlah dari semua biaya selama umur sistem tersebut, hal yang hitung dalam LCC ini meliputi biaya operasional dan perawatan. Pada tahap ini penelitian bertujuan untuk menghitung LCC dan sistem PATS Yang telah dirancang sesuai kebutuhan data pompa air yang ada di RT 1.

### 3.10.2 *Net Present Value (NPV)*

Metode NPV digunakan untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek. Hal yang di sarankan pada perhitungan nilai sekarang dari arus kas dalam priode yang di tentukan waktu . arus kas merupakan selisih antara manfaat dan biaya dari tahun ditentukan.

Interpretasi dari hasil NPV tergantung pada jumlah yang diperoleh jika nilai PNV positif, proyek tersebut menguntungkan dan sebaliknya jika nomor tersebut adalah negatif maka proyek tidak layak. Tujuan dari metode NPV adalah untuk menunjukan jika biaya modal proyek dapat ditutupi dengan kembalinya investasi selama priode waktu.

### 3.11 parameter kelayakan

pada penelitisn ini setelah terhitung semua LCC dari PLN dan sistem PLTS dengan menyesaikan nilai NPV 20 tahun umur sistem, parameter kelayakan pada penelitian ini akan dapat ditentukan. Adapun kelayakan ekonomi pada penelitian ini yaitu apabila LCC pada penggunaan listrik PLN lebih besar dari LCC sistem PLTS selama umur 20 tahun maka OLTS pada penelitian ini layak untuk dibangun, apa bila sistem PLTS ini tidak layak untuk di bangun maka tahap penelitian akan dilakukan pengecekan ulang komponen yang di pakai maupun mengganti komponen yang ada,.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Imam kholiq, pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi BBM, 2015, universitas putra surabaya indonesia.
- [2] Budi Hartono” Perancangan Pompa Air Tenaga Surya Guna Memindahkan Air Bersih Ke Tangki Penampung”2017 , Universitas Ibnu Chaldun.
- [3] Dwi laksamana putra” analisis teknik dan ekonomi pembangkit listrik hibrid tenaga bayu dan tenaga surya” 2020 unversitas islam negri sultan syarif kasim riau.
- [4] Meriani” kajian potensi dan efisiensi energi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di wilayah pekanbatu” vol 5 NO. 1 juni 2017 universitas andalas.
- [5] Tryan al hafizh” perancangan dan implementasi pompa air bertenaga surya di perumahan permata buah batu” vol 4, no.3 desember 2018.
- [6] Danar A. Susanto” Evaluasi Instalasi Pompa Air Tenaga Surya Di Indonesia Dengan Menggunakan Standar Iec 62253-2011” vol 20 no,1 2018
- [7] Muammar Zainuddin” Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya (Pats) Untuk Irigasi Lahan Sawah Di Kelurahan Tanggikiki Kota Gorontalo” vol.8 no.2 yogyakarta 2015
- [8] Subandi” penggerakan pompa air dengan tenaga solar cell untuk meningkatkan pertanian cabe” vol 4 2019
- [9] Muhamad beny djaufani” perancangan dan realisaia kebutuhan kapasitas baterai untuk beban pompa air 125 watt menggunakan pembangkit listrik tenaga surya” vol.3 no 2 bandung 2015
- [10] Gici hermanu” *Prototype* Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Produktifitas Hasil Pertanian” vol 21 No jakarta 2 desember 2017
- [11] Tryan al hafizh” Perancangan Dan Inplementasi Pompa Air tenaga Surya Di Perumahan Perumahan Permata Buah betu” vol.4 No.3 desember 2018.
- [12] Danar A. Susanto” Evaluasi Instalasi Pompa Air Tenaga Surya Di Indonesia Dengan Menggunakan Standar Iec 62253-2011” vol 20 no,1 2018
- [13] Videl castro” Perancangan Dan Analisa Ekonomi Pompa Air Tenaga Surya Untuk Irigasi Sawah Pada Kelompok Tani Al-Hidayah Di Desa Muara Uwai - Kabupaten Kampar” 2016 unversitas islam negri sultan syarif kasim riau.



- [4] Chico Hermanu Brillianto Atribowo” Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Pertanian” vol 21 no 2 2017
- [5] Abbrevia Al Jihad Fahiswara “ Desai Dan Simulasi Sistem Pompa Air Sel Surya Dengan Optimasi Kontrol Slip Umtuk Memaksimalkan Daya” 2015 Institut Teknologi Surabaya
- [6] Ira Dwi Sara “Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air, 2018, Darussalam Banda Aceh Indonesia.
- [17] Surya Eka Pratama Pagan “ Komperasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal Dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh” 2018, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala.
- [18] Konfigurasi PLTS *on-grid*. <http://rakhman.net/jenis-sistem-plts>. Diakses 15 Maret 2017
- [19] *Grid-connected PV with a battery back up*. Diakses 20 juni 2017
- [20] *Grid-connected PV without a battery back up*. Diakses 20 juni 2017
- [21] Irfan “Analisis Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sisten On Grid Menggunakan Software Pvsyst” 2017 Studi Kasus Di PT. Pertamina RU II Dumai.
- [22] Ackri romansyah” analisa sistem pompa pada stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU). 2017. Institut SPBU arifin ahmad pekanbaru.
- [23] Global Sustainable Energy Solution Pty. *Grid-Connected Pvsystems Design And Installation.2014. First Indian Edition.*
- [24] *Monocrystalline*. Electricalenergy Diakses 15 Maret 2017
- [25] *Polycrystalline*. Ecoaltenergy.wordpress.Diakses 15 maret 2017
- [26] *Thin Layer*. <http://materia.nl>. Diakses 15 mater 2017
- [27] Hermawan “ Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Di Terima Oleh Panel Surya Tipe Latik Tetap”2015 Univessitas Diponorogo Semareang.
- [28] *String inverter*. [Http://solarprofesional.com](http://solarprofesional.com) Diakses 20 juni 2017
- [29] Irfan “Analisis Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sisten On Grid Menggunakan Software Pvsyst” 2017 Studi Kasus Di Pt. Pertamina RU Ii Dumai.

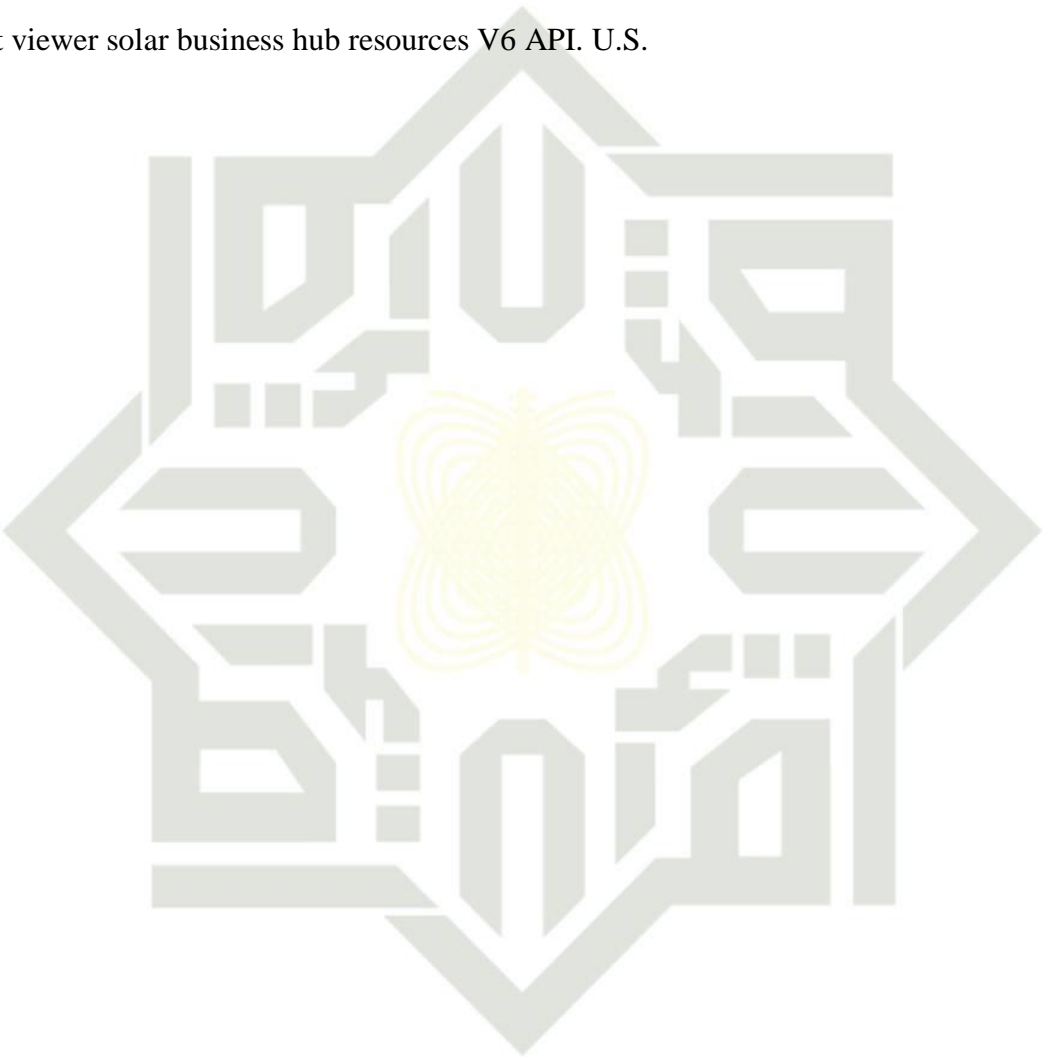
- [40] Tomi Engelbertus “ Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Kota Pontianak” 2017 Program St8di Teknik Elektro Universitas Tanjung Gapura.
- [41] Rahman HS “ perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) rooftop grid-connected pada gedung pemerintah” 2017, studi kasus gedung kantor gabungan dinas provinsi riau.
- [42] Ackri Romansyah” Analisa Sistem Pompa Pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). 2017. Institut SPBU Arifin Ahmad Pekanbaru.
- [43] Global Sustainable Energy Solution Pty. *Grid-Connected Pvsystems Design And Installation.2014. First Indian Edition.*
- [44] Reza Pahlevi “ Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya”2015, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [45] ESDM,2015 <http://ebtke.esdm.go.id/2015/pls.rooftop.untuk.gedung.perkantoran>. Diakses 25 juni 2017
- [46] Ubaedilah”Analisis Kebutuhan Jenis Dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor”2016, Universitas Mercu Buana Jakarta.
- [47] Abbrevia Al Jihad Fahiswara “ Desain Dan Simulasi Pompa Air Surya Dengan Optimasi Control Slip Untuk Memaksimalkan Daya Dan Efisiensi” 2015 Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya
- [48] Chiko Hermanu Brillianto Apribowo “Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Pertanian” 2017 Universitas Sebelas Maret Surakarta
- [49] Perancangan pembangkit-listrik-tenaga-surya-untuk-rumah-tangga-900-1500-watt/
- [50] Arey solar solarcellsurya.com/manfaat-panel-surya
- [51] Charger controller panel surya index solar-charge-controller-solar-controller
- [52] Battery <https://bacabrosur.blogspot.com/2018/07/fungsi-aki.html>
- [53] Inverterambon.antaranewsberita32816/inilah-sejumlah-fungsi-penting-inverter-untuk-mesin-elektrik
- [54] i Made suarda, m.eng pompa dan kompresor” 2015 universitas udayana
- [55] IEC. Wwww.iec Diakses 16 November 2017

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [6] Ir. Sularso, Msme “ pompa dan kompresor, pemilihan pemakaian dan 1 pemeliharaan” 2000 PT Gradnya Paramita
- [7] Bayuaji Kencana, Budi Prastio “ Pendahuluan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat” Indonesia Clean Energy Development Ii, November 2018
- [8] NREL, PV Watt viewer solar business hub resources V6 API. U.S.



UIN SUSKA RIAU



## LAMPIRAN

### Pengambilan Data Kebutuhan Air

© Hak ciptaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Utan Syarif Kasim I



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## Foto Dukumentasi Sumur Bor

### Hak Cipta Di

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Data Penduduk

**PEMERINTAH KABUPATEN INDRAGIRI HILIR**  
**KECAMATAN RETEH**  
**KELURAHAN METRO**  
Jalan Penunjang Metro Kode Pos 29273  
e-mail : metroreteh@gmail.com

Metro, 20 Januari 2020

Nomor : 03/Pem-MU/2020  
Lampiran :  
Perihal : Izin Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir/Skripsi

Kepada Yth :  
Sdr. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan  
Syarif Kasim Riau  
di -  
Tempat.

Dengan Hormat,

Sesuai dengan surat permohonan yang kami terima dengan Nomor : Un.04/F.V/PP.00.9/13021/2019, Perihal Izin Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir/Skripsi tanggal 30 Desember 2019 Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau atas nama :

Nama : IKHWAN SYAHBANI  
NIM : 11455105212  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Penelitian : Rancangan PLTS Sebagai Penggerak Pompa Air dan Lampu Jalan Dalam Skala Desa di Kelurahan Metro.

Pada dasarnya kami dari Pihak Pemerintah Kelurahan Metro Kecamatan Reteh Kabupaten Indragiri Hilir tidak merasa keberatan dan memberi izin kepada Mahasiswa bersangkutan untuk melakukan penelitian.

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

LURAH METRO,  
HASNUR RASIDI, S.Kep.  
NIP. 19820616 201102 1 001

**PEMERINTAH KABUPATEN INDRAGIRI HILIR**  
**KECAMATAN RETEH**  
**KELURAHAN METRO**  
Jalan Penunjang Metro Kode Pos 29273

Metro, 02 Januari 2019

Kepada Yth,  
Camat Reteh  
di -  
Pulau Kijang

**SURAT PENGANTAR**  
Nomor : 01/Pem-MU/2019/470

NO.	ISI SURAT	JUMLAH	KETERANGAN
1	Laporan Perkembangan Penduduk Kelurahan Metro Kecamatan Reteh untuk bulan : DESEMBER 2019	1 (Satu) Lembar	Demikian kami sampaikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

LURAH METRO,  
HASNUR RASIDI, S.Kep.  
NIP. 19820616 201102 1 001

**LAPORAN KEPENDUDUKAN**

Kelurahan : METRO  
Bulan : DESEMBER 2019

NO	DESA/ KELURAHAN	JUMLAH			PENDUDUK AWAL			LAHIR BULAN INI			MATI BULAN INI			DATANG BULAN INI			PINDAH BULAN INI			PENDUDUK AKHIR		
		KK	RW	RT	L	P	LP	L	P	LP	L	P	LP	L	P	LP	L	P	LP	L	P	LP
1	METRO	539	4	12	967	1.059	2.026	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JUMLAH		539	4	12	967	1.059	2.026	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Metro, 02 Januari 20120  
LURAH METRO  
HASNUR RASIDI, S.Kep.  
NIP. 19820616 201102 1 001

## Data Penduduk

### Hak Cipta

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Jumlah Penduduk Di RW 03

RT 01

No	Nama penduduk	Kk
1	Coding	1
2	H. dg pawatak	1
3	Padisa	1
4	Abdul majid	1
5	Pangik	1
6	Pawawo	1
7	Saini	1
8	Harun	1
9	Kirmanto	1
10	Jumardi	1
11	Mappiarek	1
12	Andik bahar	1
13	Sayuti	1
14	Siri	1
15	Santol	1
16	Arip	1
17	M taher	1
18	Jumadi	1
19	Sahlan	1
20	Basir	1
21	Sarijudin	1
22	Lamax	1
23	Bagong	1
24	Idrus	1

25	Lawik	1
26	Akmal	1
27	Syamsudin	1
28	Samsul bahri	1
29	Margono	1
30	Pridimen	1
31	Timah	1
32	Mahadi	1
33	Mawan	1
34	Bakri	1
35	Ayat	1
36	H munah	1
37	Mok amin	1

RT 02

No	Nama penduduk	Kk
1	Lani aran	1
2	Muslim	1
3	Sulaiman	1
4	Nasep	1
5	Man	1
6	Itam akop	1
7	Meni	1
8	Buni	1
9	Ondang	1
10	M yusuf	1
11	Ripai	1
12	Muhtar	1

13	M zen	1
14	Maming	1
15	Wahab	1
16	Abwi bacok	1
17	Nawik	1
18	Baharek	1
19	Dg pawawo	1
20	Muin	1
21	M lias	1
22	Cadek	1
23	M saleh	1
24	Sisik	1
25	Arsad	1
26	Naing	1
27	Lamsati	1
28	Bahak	1
29	M yusuf	1
30	Ujek	1
31	Dg malase	1
32	Dg pasabbji	1
33	M said	1
34	Musbahudin	1
35	Darsanek	1
36	Kamisah	1
37	Siti	1
38	Abdul samat	1
39	Ainek	1
40	Jas wati	1
41	Alfian	1
42	H mustakim	1

43	M ali	1
44	Auto	1
45	Heri	1
46	Sadam	1

Rt 3

No	Nama penduduk	Kk
1	ali napiah	1
2	Abduk kadir	1
3	Abdul rasyid	1
4	Ahmad yani	1
5	Baharudin	1
6	Lewang	1
7	Sapii	1
8	Satar	1
9	Abdul rahman	1
10	Sidik	1
11	Mujanto	1
12	Ahmad	1
13	Ayuk paiman	1
14	Ayok mor	1
15	Nuri	1
16	Ambok sulung	1
17	M yusuf	1
18	Hamsah	1
19	Harmodi	1
20	Limen	1

21	Limen	1
22	Robi mustapa	1
23	Mulyadi	1
24	Tandu	1
25	H pailaloi	1
26	Marek	1
27	Jamak	1
28	Haryono	1
29	dikin	1
30	Herianto	1
31	Lek wardi	1

  
**HASNI RASIDI, S. KEP.**  
 NIP. 19820616 201102 1 001

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Ikhwan syahbani, lahir di pulau kijang, pada tanggal 20 desember 1996 adalah anak pertama dari pasangan muhammad yusuf dan Jusmani yang beralamat di Jl. hidayat, RT002/RW001, Desa pulau kijang, Kec. reteh, Kab. Indragiri hilir, Prov. Riau.

*Email* : ikhwansyahbani4@gmail.com

HP : 085264174156

Pengalaman Pendidikan yang dilalui dimulai pada tingkat SD Merangin tahun 2002 – 2008 dan dilanjutkan di MTS DDI Pulau kijang tahun 2008 – 2011. Pendidikan dilanjutkan di SMAN 1 RETEH Jurusan IPS tahun 2011-2014. Kemudian kuliah di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau pada konsentrasi Energi dan lulus tahun 2021.

Dengan ketekunan, dan motivasi yang tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan tugas akhir ini, semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan manfaat atau kontribusi untuk siapa saja yang membutuhkannya.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikannya tugas akhir yang berjudul **“Analisis Teknik Dan Ekonomi Pompa Air Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Rumah Di Rt 01 Kelurahan Metro Kecamatan Reteh”**

UIN SUSKA RIAU